



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

EVELIINA SALMINEN
TUOTANNONOHJAUKSEN KEHITTÄMINEN LEAN-PERIAAT-
TEITA HYÖDYNTÄEN

Diplomityö

Tarkastaja:
Professori Marko Seppänen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
28. toukokuuta 2018

TIIVISTELMÄ

EVELIINA SALMINEN: Tuotannonohjauksen kehittäminen Lean-periaatteita hyödyntäen

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 50 sivua, 2 liitesivua

Marraskuu 2018

Tietotekniikan ja johtamisen diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tuotantotalous

Tarkastaja: Professori Marko Seppänen

Avainsanat: tuotannonohjaus, lean, smed, arvovirtakartta

Nykypäivän asiakastarpeisiin vastaaminen vaatii yritykseltä joustavaa tuotantoa ja laadukkaita tuotteita. Yrityksen on löydettävä keinot tuottaa arvoa asiakkaalle mahdollisimman tehokkaasti, poistamalla arvoa tuottamaton toiminta toimitusketjustaan. Tässä diplomityössä tarkastellaan keinoja, joilla tuotannonohjausta kehittämällä voitaisiin vaikuttaa tuotannon tehokkuuden parantamiseen. Työssä kehitettävien tuotannonohjauksen toimintatapojen avulla pyritään parantamaan tuotannon hienokuormituksen tarkkuutta ja luotettavuutta, sekä muokkaamaan tuotantoa imuohjautuvampaan suuntaan.

Tutkimuksen teoriaosuudessa käsitellään tuotannonohjausprosessia laajemmasta kokonaissuunnittelusta aina valmistuksen ohjaukseen asti. Teorian toisessa luvussa tarkastellaan Lean-filosofian ilmenemismuotoja tuotteiden valmistuksessa. Teorian pohjalta lähdetään tutkimaan kohdeyrityksen tuotannonohjauksen nykytilaa ja siinä havaittuja ongelmia. Nykytilakartoituksessa käytetään apuna arvovirtakarttaa, joka laaditaan yhden kohdeyrityksen tärkeimmän tuotteen tilaus-toimitusketjusta. Myös osallistuva havainnointi ja teemahaastattelut ovat osa tuotannon nykytilan selvitystä. Työssä kehitetään työntöohjautuvaa tuotantoa imuohjautuvampaan suuntaan työn käsiteanalyttisessä tutkimusotteessa tarkasteltuja menetelmiä hyväksi käyttäen. Asiakkaalle arvoa tuottamattomat toimenpiteet pyritään minimoimaan, ja arvoa tuottavaa toimintaa tehostamaan.

Nykytilaa kartoittaessa havaittiin, että tuotannonohjauksen toimintatavoissa oli osastoitain eroja. Hajautetulle tuotannonohjaukselle luotiin vakioidut toimintatavat, joiden mukaan tuotannon valmistuksen suunnittelusta vastaavat henkilöt toimivat. Aiemmin ongelmana ollut kiire väheni, ja muutosten koettiin helpottaneen tuotannonohjausprosessia, sekä lyhentäneen siihen kuluvaan aikaa. Tuotannonohjausta muutettiin imuohjautuvammaksi niin, että päätuotteen valmistus tapahtuu vuosisuunnitelman mukaisesti, mutta puolivalmisteet valmistetaan päätuotteen tarpeen mukaan. Nykytilaan verrattuna tuotteiden varastoarvot laskivat noin 30 prosenttia, mikä paransi tuotteiden virtausta. Tuotannonohjausjärjestelmään tehtyjen muutosten jälkeen myös tietojärjestelmiä pystyttiin käyttämään tehokkaammin hyväksi tuotannonsuunnittelussa.

ABSTRACT

EVELIINA SALMINEN: Developing production management following Lean principles

Master of Science Thesis, 50 pages, 2 Appendix pages

November 2018

Master's Degree Programme in Management and Information Technology

Major: Industrial Engineering and Management

Examiner: Professor Marko Seppänen

Keywords: production management, lean, smed, value stream map

Responding to today's customer needs requires flexible production and quality products from the company. The company must find ways to produce value to the customer as effectively as possible by removing value-free operations from its supply chain. This thesis examines the ways in which the development of production control can be used to improve production efficiency. The work methods developed by the thesis aim to improve the precision and reliability of the fine load on production and to make the production more succulent.

The theoretical part of the thesis dress the production control process from a wider range of overall production control design to precise production control. In the second chapter of the theory, we look at Lean philosophical manifestations in the production. Based on the theory, we investigate the current state of production management and the problems it has encountered. The current state mapping is used as a helpdesk map of the supply chain. Current state map is created from order supply chain of one of the most important product of the company. Participatory observation and theme interviews are also part of the current state mapping of production. In the thesis, push-controlled production is developed to the pull-controlled production using the methods studied in the theory of the thesis. Also from customer point of view, value producing operations will be enhanced, and value-free minimized.

When analyzing the current state of production, there was found differences between departments in the ways of production planning. Standardized procedures to production control, that corresponding employees should follow, were created. Hurry, that have been a problem before, is reduced. It was felt that the changes had facilitated the operations of the production control process and shorten the time it took. Production control was changed to the pull control, so that the main product is manufactured according to the annual plan, but the half-finished products are manufactured according to the needs of the main product. Compared to the current state, the stock values of the products decreased by about 30 percent, which improved the flow of products. After the changes we made to the production control system, the information systems could be used more efficiently in production planning.

ALKUSANAT

Haluan kiittää tutkimuksen kohdeyritystä ja sen henkilökuntaa mahdollisuudesta päästä kehittämään yrityksen tuotannonohjausta. Diplomityön tekeminen oli antoisaa, ja aihe tarjosi mielenkiintoisia ongelmia ratkottavaksi. Työ selkeytti paljon omaa näkemystäni tuotannonohjausprosessista ja sen haasteista.

Kiitos myös työn tarkastajalle ja ohjaajalle professori Marko Seppäselle työn aikana annetusta ohjauksesta ja neuvoista.

Haluan kiittää vanhempiani tuesta, joka on mahdollistanut opiskeluiden jatkamisen näinkin pitkälle. Opiskelu päivätyön ohella on ollut haastavaa, mutta se on antanut enemmän, kuin ottanut. Opiskelujen johdosta uusia ovia on auennut, ja uudet haasteet odottavat.

Porissa, 13.11.2018

Eveliina Salminen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta ja tavoitteet.....	1
1.2	Tutkimuksen rajaus	2
1.3	Tutkimuksen toteuttaminen.....	3
1.4	Tutkimuksen rakenne	3
2.	TUOTANNONOHJAUS	5
2.1	Tuotannonohjauksen tavoitteet	5
2.2	Tuotannon tietojärjestelmät ohjauksen tukena.....	6
2.3	Tuotannonohjausprosessi	8
3.	LEAN FILOSOFIA.....	13
3.1	Historia.....	13
3.2	Toiminnan kehittäminen Lean-periaatteilla	14
3.3	Arvovirran ymmärtäminen	14
3.4	Jatkuva parantaminen.....	17
3.5	Lean tuotanto.....	18
3.6	Työn standardointi.....	20
4.	LEAN -TYÖKALUT TUOTANNONOHJAUKSEN PARANTAMISESSA	22
4.1	JIT filosofia ja imuohjaus.....	22
4.2	SMED.....	23
4.3	5S.....	25
5.	AINEISTO JA MENETELMÄT	28
5.1	Tutkimusstrategia	28
5.2	Haastattelututkimus	28
5.3	Tuotannon havainnointi.....	30
6.	TUOTANNONOHJAUKSEN NYKYTILA	31
6.1	Kohdeyrityksen tuotanto	31
6.2	Tuotannonohjauksen nykytila	31
6.3	Arvovirtakartta	32
6.4	Nykyisen toimintatavan ongelmat.....	34
7.	TUOTANNONOHJAUKSEN KEHITTÄMINEN.....	36
7.1	Tuotannon valmistusehdotukset.....	36
7.2	Kohti imuohjautuvaa tuotantoa	37
7.3	Asetusaikojen pienentäminen.....	38
7.4	Kehitysehdotukset asetusajkojen tehostamiseen.....	41
7.5	Työjono	42
7.6	Toimintatapojen muuttaminen	43
8.	YHTEENVETO	47
	LÄHTEET.....	49

LIITE A: HAASTATTELURUNKO

LIITE B: ARVOVIRTAKARTTA

LYHENTEET JA MERKINNÄT

C/O	engl. Changeover Time, koneen asetuksesta toiseen muuttamiseen kuluva aika
C/T	engl. Cycle Time, Prosessin aloituksesta prosessin lopetukseen kuluva aika
ERP	engl. Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
JIT	engl. Just-In-Time, juuri oikeaan ajoitukseen perustuva tuotannon-ohjausmenetelmä
KANBAN	Valmistusimpulssia välittävä työkalu
KET	Keskeneräinen tuotanto
MRP	engl. Material Requirements Planning, materiaalinhallintajärjestelmä
MRP II	engl. Manufacturing Resource Planning, materiaalin ja kapasiteetin hallintajärjestelmä
PDCA	engl. Plan, Do, Check, Act, Jatkuvaan parantamiseen käytetty ideologia
PITCH TIME	Yhden valmiin pakkauksen tekemiseen kuluva aika
TAKT TIME	Tahtiaika, yksittäisen työvaiheen kesto
TPS	engl. Toyota Production System, Toyotalla käytössä oleva tuotantojärjestelmä
VSM	engl. Value Stream Mapping, Arvovirtakuvaus

1. JOHDANTO

Asiakkaiden tarpeet ovat kasvaneet entisestään markkinoiden globalisoitumisen yhteydessä, ja yrityksiltä vaaditaan nyt entistä nopeampaa reagointia ja joustavuutta tuotteiden valmistuksessa. Nykypäivän markkinoilla yritykset pystyvät kilpailemaan ainoastaan asiakaslähtöisillä toimintatavoilla, joissa asiakkaan tarpeita kuunnellaan ja kaikki toimenpiteet perustuvat asiakkaalle arvoa tuottavaan toimintaan. Asiakkaat tarvitsevat laadukkaita tuotteita lyhyessä ajassa. Esimerkiksi tuotteiden lyhyestä toimitusajasta ja hyvästä laadusta on tullut ennemminkin tilauksien saamisen edellytys, kuin kilpailutekijä. Tämän saavuttamiseksi yritysten on parannettava tuottavuutta ja laatua jatkuvasti. Tuotevalikoiman on oltava kattava, niitä pitää valmistaa suuria määriä, pienissä erissä ja nopeasti. Yritysten on löydettävä keinoja arvoa tuottamattoman työn poistamiseksi, ja kehitettävä muun muassa tuotteiden vaihtoon kuluva asetusaikaa tehokkaammaksi. Työssä käsitellään ainoastaan kohdeyrityksen tuotantoon liittyviä tekijöitä, joissa niissäkin on jo paljon seikkoja, joita on mahdollista optimoida tehokkaammaksi.

Tuotannonohjaus on monivaiheinen prosessi, johon käytetään nykypäivänä apuna erilaisia toiminnanohjaukseen suunniteltuja tietojärjestelmiä. Kaikkia toimitusketjun vaiheita aina raaka-aineiden tilaamisesta valmiin tuotteen lähetykseen asti, voidaan hallita toiminnanohjausjärjestelmillä. Aiemmin käytössä olleet materiaalien hallintaan suunnitellut järjestelmät ovat vuosien myötä kehittyneet, ja nykypäivänä jo useimmista yrityksistä löytyy jonkinlainen tietojärjestelmä, jolla toimintaa ohjataan. Tulevaisuudessa yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää voidaan käyttää enemmän hyödyksi myös muissa yrityksen verkostossa, esimerkiksi toimittajien kanssa. Kaikki toimintaympäristöt ovat erilaisia, joten myös tuotannonohjaustavoissa on vaihtelua. Teoriassa hyväksi todetut ohjausmallit eivät välttämättä toimi jokaisessa toimintaympäristössä. Tämän diplomityön kohdeyrityksessä tuotannonohjauksen apuna on käytetty tietojärjestelmiä jo vuosia, mutta siltikään tuotanto ei toimi toivotulla tavalla.

1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Tutkimuksen aiheena on selvittää, miten kohdeyrityksen tuotannonohjausta olisi mahdollista kehittää Lean –periaatteita käyttäen. Tutkimuksessa perehdytään kohdeyrityksen tuotannonohjauksen nykyisiin toimintatapoihin sekä niihin liittyviin ongelmiin. Selvityksen myötä tuotannonohjauksessa käytettäviä menetelmiä pyritään yhtenäistämään ja kehittämään tuotannon tarpeita vastaaviksi. Työssä kehitetyn tuotannonohjausprosessin

avulla pyritään parantamaan hienokuormituksen tarkkuutta, luotettavuutta ja laadukkuutta. Diplomityön päätavoitteena on luoda vakioidut toimintatavat kohdeyrityksen tuotannonohjaukseen. Työn päätutkimuskysymykset ovat seuraavat:

Kysymys 1: Miten kohdeyrityksen tuotannonohjausta voidaan kehittää Lean-periaatteita soveltaen?

Kysymys 2: Miten kohdeyrityksen valmistusprosessia voidaan kehittää, jotta tuotanto olisi mahdollisimman hyvin ohjattavissa?

Kysymys 3: Miten yrityksen tuotantoa voidaan virtauttaa imuohjautuvampaan suuntaan?

Tällä hetkellä kohdeyrityksen tuotannonohjaus toimii käytännössä työntöohjauksella, minkä vuoksi läpimenoajat ovat pitkiä ja varastot suuria. Tuotteita ei ole valmistettu niinkään todelliseen tarpeeseen, eikä laadittujen ennusteiden mukaisessa järjestyksessä, minkä vuoksi asiakastilausten saapuessa ei ole pystytty vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin heti. Tämä on usein johtanut ylimääräiseen kiireeseen valmistaa tuotteissa tarvittavia osia, vaikka tarvittavat tuote- ja valmistustiedot olisivat olleet nähtävissä jo aiemmin. Valmistettavista tuotteista ja tuotannon aikataulusta vastaava keskijohto toimii samoilla periaatteilla, joilla tuotantoa on aina ennenkin ohjattu. Näiden ongelmien poistamiseksi tarvitaan kuitenkin uusia käytäntöjä, joilla materiaalivirta tilaus-toimitusketjussa saadaan tehokkaammaksi ja toimitusvarmuus paremmaksi. Oman haasteensa toimitusvarmuuden parantamiseksi tuo yrityksen laaja tuotevalikoima ja tuotteiden epätasainen kysyntä. Yrityksen ERP –järjestelmä, jolla tuotantoa ohjataan, on tarkoitus uusia tulevan vuoden sisällä. Toiminnanohjausjärjestelmän vaihdon vuoksi tutkimus on ajankohtainen, jotta voidaan selvittää, mitä asioita uudessa toiminnanohjausjärjestelmässä tulisi ottaa huomioon, ja millaisia kehitysmahdollisuuksia uudella järjestelmällä olisi tuotannonohjauksen parantamiseen. Tutkimuksen tulokset ovat ehdotuksia siitä, miten tuotannonohjausprosessi tulisi kohdeyrityksessä jatkossa tapahtua.

1.2 Tutkimuksen rajaus

Tutkimus on rajattu koskemaan vain kohdeyrityksen tehtaan tuotannonohjaukseen liittyviä tuotanto-osastoja. Tutkimuksen ulkopuolelle jätettiin raaka-aineiden hankintaan ja tuotteiden toimitukseen liittyvät osastot sekä niiden ohjausmenetelmät. Tuotannonohjauksen nykytilan selvittäminen rajattiin koskemaan yhtä pilottituotetta, jonka valmistusprosessissa tarvitaan tehtaan kaikkia tuotanto-osastoja. Tuote valmistetaan monesta eri komponentista ja puolivalmisteista, joita valmistetaan tehtaan eri osastoilla. Tutkimus haluttiin rajata tuotteeseen, jonka valmistusprosessissa on havaittu eniten ongelmia, joihin muun muassa tuotannonohjauksen kehittämällä voitaisiin puuttua. Tuote on myös yksi yrityksen myydyimmistä ja tärkeimmistä tuotteista, minkä vuoksi tuotteen valinta pilottituotteeksi tähän tutkimukseen oli perusteltua.

1.3 Tutkimuksen toteuttaminen

Tutkimus on luonteeltaan tapaustutkimus, joka on toteutettu kvalitatiivisin tutkimusmenetelmin. Työssä esitettyä ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan tutkimalla Lean-filosofiasta löytyviä kirjallisuuden lähteitä, joiden pohjalta muodostui teoreettinen viitekehys tutkimukselle. Kirjallisuuskatsaus antoi pohjatiedot tutkimuksen muiden osioiden, tutkittavaan prosessiin perehtymisen, havainnoinnin ja haastattelujen tekemiseen. Kohdeyrityksen tuotannonohjauksen nykytilaa lähdettiin tutkimaan luomalla koko prosessia kuvaava arvovirtakartta (Value Stream Map) valitun pilottituotteen valmistusprosessista. Arvovirtakartan avulla saadaan visuaalinen kuva tuotannonohjauksen nykytilasta kaikkien nähtäville. Tutkimusta varten toimintaprosessista kerättiin aineistoa, joka tapahtui tapaustutkimukselle tyypillisillä teemahaastatteluilla, tuotannon havainnoinnilla sekä hyödyntäen yrityksen tietojärjestelmän tuottamia tietokantoja.

Tuotannonohjauksen nykytilan ja ongelmien tutkimista jatkettiin teemahaastatteluilla, jotka pidettiin jokaisen tuotannonohjauksesta vastaavan henkilön kanssa. Haastatteluiden avulla saatiin selville aiemmin havaitut ongelmat sekä erot ohjauksista vastaavien työjohtajien toimintatavoissa. Tuotantoa ja tuotannon ohjausprosessia lähdettiin havainnoimaan jokaiselle tuotanto-osastolle. Tähän sisältyi osallistuvaa havainnointia sekä keskusteluja tuotannon työntekijöiden kanssa. Näitä eri tiedonhankintamenetelmiä käyttäen koottiin tietoa tuotannonohjauksen ongelmiin johtaneista syistä, joita analysoimalla lähdettiin selvittämään mahdollisia kehitystoimia.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Johdannon jälkeen luvut 2-3 käsittelevät aiheen kirjallisuuskatsauksen pohjalta kirjoitettua teoriaosuutta ja luvut 4-7 työn empiiristä osuutta. Teorian ensimmäisessä luvussa perehdytään tuotannonohjaukseen käsittelemällä koko tuotannonohjausprosessia kokonaisuunnittelusta valmistuksen ohjaukseen. Teorian toisessa luvussa on tarkasteltu Lean-filosofiaa ja sen eri ilmenemismuotoja aiheeseen liittyvän kirjallisuuden pohjalta. Luvussa perehdytään Lean –periaatteiden kuten hukan, arvoketjun ja Just-In-Time tuotannon ilmenemiseen organisaatiossa. Työn neljännessä luvussa käsitellään tarkemmin työn metodologisia valintoja ja työssä käytettyjä tutkimusmenetelmiä. Ensin tarkastellaan työn tutkimusstrategiaa, jonka jälkeen perehdytään aineiston keruu- ja analysointimenetelmiin tarkemmin. Viides luku käsittelee työn käytännönsuutta, kohdeyrityksen tuotannonohjauksen nykytilaa sekä siinä havaittuja ongelmia. Nykytilan kuvaus perustuu tuotantoprosessista laadittuun arvovirtakarttaan ja ohjauksesta vastaavien henkilöiden haastatteluihin. Nykytilan analysointi aloitettiin tutkimalla valitun pilottituotteen tilaus-toimitusketjua, josta laadittiin arvovirtakartta, johon kuvattiin muun muassa koko valmistusprosessin asiakkaalle arvoa tuottavat työvaiheet. Näiden tietojen pohjalta laadittiin haastattelurungot teemahaastatteluille, joiden avulla muodostettiin kuva ohjausprosessissa havaituista

ongelmista. Haastateltaviksi valittiin viisi tuotannonohjauksen kannalta merkittävää henkilöä, jotka päivittäisellä toiminnallaan voivat vaikuttaa tuotannon ohjattavuuteen. Henkilöt vastaavat kohdeyrityksen tehtaan valmistusosastoista sekä tuotannon resursseihin vaikuttavista päätöksistä. Kuudes ja seitsemäs luku käsittelee tutkimuksen tuloksia ja toimintatapojen muutoksia sekä pohdintaa siitä, miten tutkimuksen tavoitteet saavutettiin.

2. TUOTANNONOHJAUS

2.1 Tuotannonohjauksen tavoitteet

Yrityksen tuotantotoimintaa ohjataan toiminnanohjauksella, jolla tarkoitetaan yrityksen tilaustoimitusketjuun kuuluvien toimintojen kokonaisuuden hallintaa. Toiminnanohjauksen käsitettä käytetään kuvaamaan yrityksen kokonaisvaltaista hallintaa, johon kuuluvat tuotannonohjauksen lisäksi muun muassa myynnin ja hankintojen ohjausta. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, s. 397). Tilaus-toimitusketjun ohjauksesta puhuttaessa käytetään termiä toiminnanohjaus, kun taas yrityksen omasta tuotannosta puhuttaessa käytetään käsitettä tuotannonohjaus, joka kuvaa tuotteen aikaansaamiseen liittyvien toimintojen ja resurssien suunnittelua ja hallintaa. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänäinen 2016, s.139) Tässä työssä perehdytään pääasiassa tuotannonohjauksen kokonaiskuvaan ja tarkastellaan sen tuomia hyötyjä yritykselle.

Tuotannonohjauksen tehtävänä on pyrkiä ohjaamaan yrityksen resurssien käyttöä niin, että tuotannolle asetetut yleiset tavoitteet kuten laatu ja joustavuus, voivat täyttyä. Tuotannonohjauksen keskeisimpiä tavoitteita ovat tuotantokapasiteetin korkea tuottavuus, vaihto-omaisuuden minimointi, tuotteiden lyhyt läpäisy aika sekä hyvä toimitusvarmuus. (Haverila et al., 2009, s.402) Usein yrityksen tuotannonohjauksessa tarvitaan määritellyt toimintatavat ja joitakin yhteisiä ohjausperiaatteita, joita kaikkien tuotannonohjaukseen vaikuttavien tulisi tuotannon suunnittelussa noudattaa. Ohjauksen toimintatavat vaihtelevat eri yrityksissä, ja riippuvat monista eri tekijöistä kuten yrityksen historiasta, tavoitteista ja tietojärjestelmistä. (Martinsuo et al., 2016, s.139)

Kapasiteetti on mittari, joka kuvaa yrityksen suurinta mahdollista tuotantokykyä valmistaa tuotteita. Mikäli tehdas käyttää 100%, tehdas valmistaa tuotteita täydellä kapasiteetillaan. Tuotantotiloihin ja –laitteisiin sitoutuneen pääoman tuottavuus on sitä korkeampi, mitä tehokkaammin yritys kykenee tuotantoa pyörittämään. Tuotteiden valmistuserät suunnitellaan siten, että tuotannon resurssit ovat mahdollisimman tehokkaasti käytössä. (Haverila et al., 2009, s.400-402)

Vaihto-omaisuuden minimoinnilla tarkoitetaan raaka-aineisiin, puolivalmisteisiin ja valmisvarastoihin sitoutuneen pääoman vähentämistä. Usein juuri vaihto-omaisuus sitoo huomattavan osuuden yrityksen pääomasta, jota vapauttamalla voidaan keskittyä investointeihin ja muiden toimintojen kehittämiseen. Keskeneräisen tuotannon (KET) pienentäminen edellyttää pienempiä valmistuseriä, ja tuotannonohjauksen oikeaa ajoitusta. (Haverila et al., 2009, s. 402.) Keskeneräisen tuotannon pienentämiseen liittyy olennaisesti myös läpäisyajan lyhentäminen. Lyhentämällä tuotteiden läpäisy aikaa on mahdollista pa-

rantaa tuotteiden laatua ja toimitusvarmuutta, sekä helpottaa tuotannon kapasiteetin suunnittelua, kun keskeneräisen tuotannon ohjaustarve ja varastomäärät pienenevät. (Haverila et al., 2009, s.402)

Hyvän toimitusvarmuuden tarkoituksena on varmistaa, että sovituista toimitusajoista huolehditaan sekä ylläpidetään valmiutta toimia asiakkaiden muuttuvien tarpeiden mukaisesti. Toimitusvarmuus on tärkeää myös yrityksen sisällä, jolloin asiakkaana tuotannossa toimivat seuraavat tuotetta jalostavat työvaiheet. Raaka-aineiden ja puolivalmisteiden on oltava oikeassa paikassa oikeaan aikaan, joten yrityksen hyvällä sisäisellä toimitusvarmuudellakin on merkitystä. Korkea toimitusvarmuus on ennen kaikkea tärkeä kilpailutekijä, mutta nykyään myös enenemässä määrin tilauksen saamisen edellyttävä tekijä. (Hill & Hill 2018, s. 53, Haverila et al., 2009, s.402)

Tuotannonohjauksesta tekee haasteellisen sen tavoitteiden ristiriitaisuus ja niiden yhteensovittaminen. Hyvä toimitusvarmuus edellyttää joustavaa tuotantoa, mutta myös keskeneräisen tuotannon varastointia. Tuotannonohjauksen on kyettävä mukautumaan toiminnan muutoksiin ketterästi ja tunnistettava niiden vaikutukset tuotannon toimintaan. Resurssien korkeaa tuottavuutta tavoitellaan valmistamalla tuotteita suurina tuotantoerinä, jolloin säästetään asetusajoissa, joita pienempien tuote-erien valmistaminen aiheuttaa. Isot tuotantoerät pienentävät asetusajoja ja kasvattavat näin kapasiteettia. Vaihto-omaisuuden sitoutuneen pääoman pienentäminen taas vaatisi varastojen pienenemistä, jolloin tuotantoerien kasvattaminen asetusajojen vuoksi ei ole kannattavaa. Läpäisyajoja lyhentämällä voidaan vaikuttaa positiivisesti useaan tuotannon tavoitteiden toteutumiseen. Lyhentämällä tuotteiden läpimenoaikaa voidaan samanaikaisesti pienentää sitoutunutta pääomaa sekä ylläpitää hyvää toimitusvarmuutta. Lyhyet läpäisyajat mahdollistavat varaston nopean täydentämisen, jolloin luvattuun toimitusvarmuuteen voidaan päästä pienemmilläkin varastoilla. (Haverila et al., 2009, s. 404)

2.2 Tuotannon tietojärjestelmät ohjauksen tukena

Ensimmäiset tuotannonohjauksen apuna käytetyt tietojärjestelmät olivat MRP (Material Requirements Planning) sekä myöhemmin tullut MRP II (Manufacturing Resource Planning). Niiden toimintaperiaate perustuu tuotteiden rakennetietoihin, joita hyväksi käyttäen voidaan suunnitella tuotteen osien valmistus- ja hankintatarpeet. Tavallisesti materiaali ja kapasiteettitarpeet on määritelty tuoterakenteelle aina yhtä valmistunutta lopputuotetta kohden. Järjestelmän tarvelaskenta laskee tuote-erän materiaalien ja kapasiteetin tarpeen, johon se käyttää tuoterakenteessa määriteltyjä tuotetietoja. Materiaalien tarvelaskenta analysoi muun muassa varastomääriä, tuotteille asetettuja valmistusaikoja ja -aika-
tauluja sekä menekin ennusteita. (Lehtonen 2004, s.74-75, Haverila et al., 2009, s.433) MRP ei kuitenkaan huomionnut tuotannon resurssitilannetta. Tähän kehitettiin MRP II, joka laskee materiaalitarpeiden lisäksi myös resurssitarpeen. (Slack, Chambers & Johnston 2010, s.408-409)

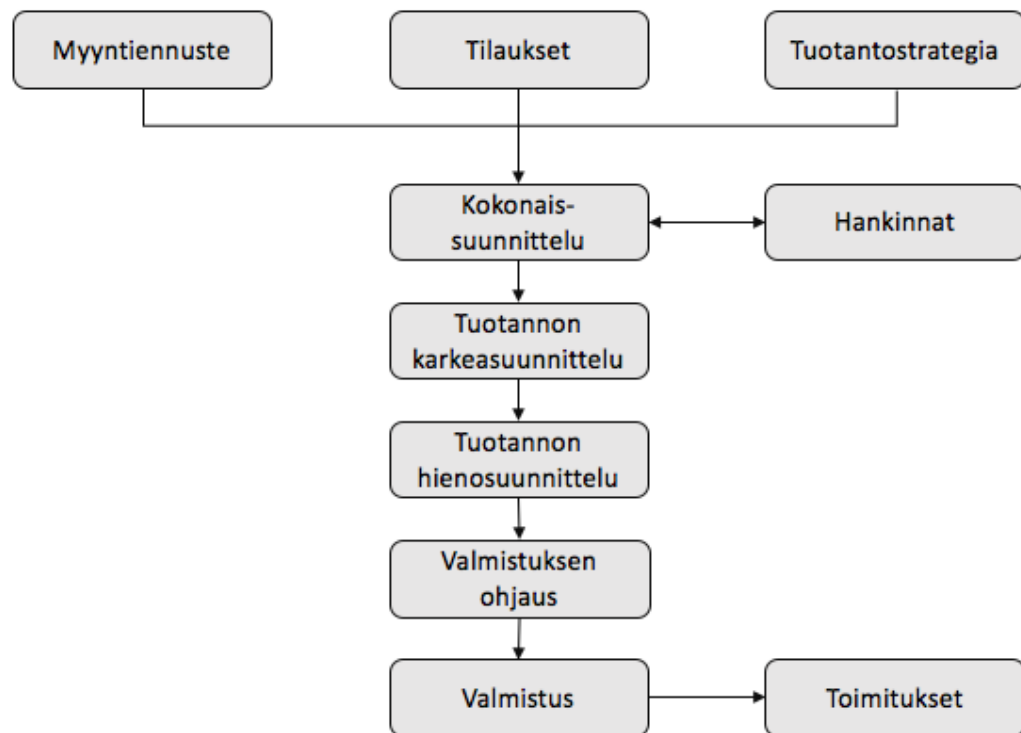
ERP (Enterprise Resource Planning) tarkoittaa toiminnanohjausjärjestelmää, joka koostuu useista eri moduuleista, joilla voidaan hallita tehokkaasti yrityksen eri prosesseja. Nykyään toiminnanohjausjärjestelmään kuuluvat yrityksen perustoiminnot, kuten myynti, jakelu, tuotanto, varastointi, hankinta ja laskutus. Järjestelmän avulla ylläpidetään ja hallinnoidaan yrityksen eri toimintojen vaatimaa tietietojenhallintaa, suunnittelua ja ohjausta. Järjestelmän avulla nämä prosessit voidaan automatisoida ja integroida toisiinsa, mikä mahdollistaa oikeellisen tiedon jakamisen reaaliajassa kaikkien prosessien käyttöön. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ERP-järjestelmän avulla voidaan keskitetysti hallita organisaation kaikkia tuotantolaitoksia ja suunnitella tuotannon toteutusta. Tarkoituksena on keskittää informaatio ja jakaa sitä yrityksen ulkopuolelle ja muille osastoille mahdollisimman tehokkaasti. Järjestelmän avulla pyritään hallinnoimaan mahdollisimman tehokkaasti yrityksen resursseja, kuten työntekijöitä ja tuotantolaitteita. (Lehtonen 2004, s.128-129, Haverila et al., 2009, s.430-435, Slack et al., 2010, s.408-409) Toimintajärjestelmien kehittäminen on tärkeää yrityksen kilpailukyvyn ylläpitämiselle ja edistämiseksi. Slack et al., toteavat teoksessaan ERP –järjestelmien mahdollistavan huomattavasti kehittyneemmän tavan kommunikoida toimittajien ja muiden yhteistyökumppanien kanssa antaen tarkempia ja reaaliaikaisempia tietoja. Järjestelmä mahdollistaa myös koko toimitusketjun integroimisen aina alihankkijoiden alihankkijoista asiakkaiden asiakkaisiin asti. (Slack et al., 2010, s.408-409)

Tietojärjestelmiä voidaan käyttää hyväksi myös organisaation koko verkoston tuotannon ohjauksessa. Yritykset pyrkivät pitämään itsellään strategisesti tärkeät toiminnot, ja siirtämään verkostoille sellaiset tehtävät, joita kumppanit pystyvät toteuttamaan omaa yritystä paremmin, kuten esimerkiksi tuotteiden valmistuksen tai varastoinnin. Tämä vaatii verkostolta joustavuutta sekä yhteisen rytmin löytämistä, jotta toiminnasta saadaan tehokasta. Verkoston toiminnanohjaus voi tapahtua niin kutsutun varaudu-toteuta -ohjausmallin mukaisesti. Tässä mallissa valittujen toimittajien materiaalivarastot ja valmistuskapasiteetti mitoitetaan siten, että yrityksen laatiman valmistussuunnitelman mukainen tuotanto on mahdollista valmistaa. Toimittajia varten laaditaan volyymisuunnitelmat, joiden mukaan toimittajat osaavat varautua. Lopullinen valmistusimpulssi saadaan kuitenkin vasta yrityksen lähettämästä tilauksesta, jolla toimittaja ohjaa omaa tuotantoaan ja sitä kautta taas omia toimittajiaan. Tämä kuitenkin edellyttää, että verkoston läpäisy aika on pienempi, kuin tuotteen toimitusaika. Näin ollen toimittajien on pystyttävä reagoimaan nopeasti volyymisuunnitelman muutoksiin. Tapauksissa, joissa menekien vaihtelu on suurta, toimittajille lähetettyjä suunnitelmia joudutaan päivittämään useasti. Toimintamallia voidaan soveltaa myös yrityksen koko toimitusketjuun, jolloin pääyritys välittää volyymisuunnitelmat eteenpäin koko ketjulle. Tällöin kaikki toimitusketjun toimittajat voivat ennakoita kysynnästä johtuvia vaihteluja. Tietojärjestelmien avulla on mahdollista parantaa läpinäkyvyyttä toimitusketjussa. Tällöin toimittajilla on mahdollisuus päästä käsiksi pääyrityksen järjestelmään, josta heidän on mahdollista nähdä muun muassa yrityk-

sen nykyiset varastotilanteet ja tulevien valmistuserien koot. Tällöin toimittajien toimituskykyä olisi helpompi valvoa ja muutosten hallinta helpompaa. (Seppänen & Kouri, 2003 s.25-29)

2.3 Tuotannonohjausprosessi

Valmistuksen ohjaus voi lähteä liikkeelle yrityksen varastosta tulevasta impulssista, tai asiakkaalta tulevasta tilauksesta. Varastosta valmistusimpulssin saavassa tuotannossa valmistuksen perustana on tuotannon menekin ennakointi sekä varastosaldojen täydennystarve. Tyypillisesti varasto-ohjautuvaa tuotannonohjausta käytetään suurilla volyyymeilla myydyillä vakiotuotteilla, jotta niiden toistuva asiakastarve voidaan täyttää nopeasti. Tilausohjautuvassa tuotannossa valmistus lähtee liikkeelle tuotteen todellisesta tarpeesta, esimerkiksi asiakastilauksesta. Esimerkiksi asiakaskohtaisesti räätälöivät tai helposti pilaantuvat tuotteet, kuten ravintola-annokset, ovat usein tilausohjattavia tuotteita. Mikäli tuotteesta on olemassa erilaisia variaatioita, ei niiden varastoon valmistaminen etukäteen ole kannattavaa. (Martinsuo et al., 2016, s.137) Tuotannonohjausta tarkastellaan yleensä vaiheittain etenevänä prosessina, jossa valmistuksen suunnittelu ja päätöksenteko jakautuvat eri tasoille tai yksiköille organisaatiossa. Usein puhutaan kokonais-suunnittelusta, karkeasuunnittelusta ja hienosuunnittelusta, jotka jakavat ohjausprosessin pienempiin vaiheisiin. Yrityksen ylin johto vastaa tuotantostrategisesta tasosta, johon kuuluvat esimerkiksi tuotantojärjestelmistä ja resurssien riittävydestä huolehtiminen. Keskijohto keskittyy kapasiteettien kohdentamiseen oikein, karkeamman tason kuormitukseen sekä kysynnän ja valmistuksen seurantaan. Työnjohto ja tuotannon työntekijät vastaavat hienosuunnittelusta, valmistuksen toteutumisesta, seurannasta ja raportoinnista. (Martinsuo et al., 2016, s.137-140)



Kuva 1. Tuotannonohjausprosessi (Mukaillen Martinsuo et al., 2016, s.140)

Kokonaissuunnittelu

Kokonaissuunnittelulla tarkoitetaan ylimmän tason suunnittelua ja sen tavoitteena on laatia pidemmän aikavälin ennuste tarvittavasta kokonaisvolyymista. Suunnitelma tarkoituksena on karkeasti hahmotella mitä tuotteita valmistetaan pitkän aikavälin tähtäimellä, mille ajanjaksolle tuotteiden valmistus aikataulutetaan ja miten resursseja käytetään. Yleisesti kokonaissuunnitelmaa laadittaessa suunnitellaan kuukausikohtaiset valmistusmäärät, joita myöhemmin tarkennetaan viikko- ja päivätasolle. Suunnitelma ei yleensä ole pysyvä, vaan sitä muokataan ajan kuluessa täsmällisemmäksi. Kokonaissuunnittelua tehdessä pitää huomioida kysynnän vaihtelusta aiheutuvat kokonaisvolyymien vaihtelut ja niiden vaikutus yrityksen resurssien käyttöön. Kysyntä voi vaihdella paljonkin tuotteen, toimialan tai asiakastyypin mukaan. Pienen volyymin tuotteet vaihtelevat suhteessa enemmän, kuin suurivolyymiset. Tuotteiden satunnaisvaihteluksi kutsutaan vaihtelua, joka syntyy asiakkaiden ostopäätösten epätasaisesta jakautumisesta. Kausivaihtelu taas kuvaa vaihtelua, joka syntyy vuodenaikojen vaikutuksesta menekkiin. Tällaisia tuotteita, joihin kausivaihtelu vaikuttaa, ovat esimerkiksi auton renkaat, joita ostetaan eniten keväisin ja syksyisin. Yrityksellä voi olla haasteena säädellä kapasiteettiaan kysynnän mukaan, jolloin esimerkiksi varmuusvarastojen kasvattamista, toimitusaikamuutoksia ja ylitöitä käytetään keinoina kokonaisvolyymien vaihteluihin vastaamiseen. Kokonaissuunnittelun

yhteydessä tuotannonjohdon tulee harkita strategisesti järkevimpiä keinoja hallita kysynnänvaihteluja, sillä kaikki tuotantovolyyymiin vaikuttavat keinot kasvattavat kustannuksia ja vaikuttavat niin kannattavuuteen kuin henkilöstön hyvinvointiinkin. (Martinsuo et al., 2016, s.143-145, Haverila et al., 2009, s.411-415)

Kokonaissuunnittelu yhdistää markkinoiden tilanteen ja tuotteiden valmistusprosessin. Suunnittelussa luodaan tavoitteet, määritellään toimenpiteet ja annetaan lähtötiedot tarkempaan tuotannonsuunnitteluun. Tuotteiden menekin ennustaminen on suunnittelun keskeinen lähtökohta. Ennusteiden avulla pyritään sopeuttamaan yrityksen varastot ja kapasiteetti markkinoiden muuttuviin tarpeisiin. Menekkiarvioiden laatiminen esimerkiksi tuote- tai asiakasryhmittäin parantaa ennusteiden luotettavuutta ja tarkkuutta. Ennusteiden laatiminen on kuitenkin haastavaa kilpailun muutosten ja markkinoiden globalisoinnista johtuen. Virheet ennusteissa aiheuttavat yritykselle haitallisia ongelmia, kuten varastokustannusten nousua ja vääristä ennusteista aiheutuneita henkisiä tappioita, esimerkiksi henkilökunnan irtisanomisia tai lomautuksia. Kokonaissuunnitelman tavoitteena onkin ottaa huomioon kaikki käytettävissä oleva kapasiteetti, tilaukset ja ennusteet, jotta valmistus voidaan toteuttaa mahdollisimman kustannustehokkaasti. (Martinsuo et al., 2016, s.143-145)

Karkeasuunnittelu

Karkeasuunnittelun päätehtävät ovat tuotannon aikataulun, toimituskyvyn ja resurssien kuormituksen karkeasuunnittelu. Tarkoituksena on tarkentaa henkilöstön ja tuotantolaitteiden käyttöä, laatia alihankittavien tuotteiden ja raaka-aineiden tarvesuunnitelma sekä määritellä tilausten toimitusaika. Karkeasuunnittelussa muun muassa varastotasojen suunnittelua viedään kokonaissuunnitelmaa tarkemmalle tasolle, eikä kokonaissuunnittelussa käytettyjen ennusteiden rooli ole enää niin merkittävässä osassa, kuin kokonaissuunnittelussa. Suunnitelma laaditaan säännöllisesti yleensä muutaman viikon pituisille ajanjaksoille. Tuotannon kokonaisaikataulun suunnittelu perustuu tuotantoerien kiinnittämistä tuotantojärjestelmään, jolloin yritykseen mahdollisesti saapuneita tilauksia voidaan käyttää täsmentämään tuotantoerien ja aikataulun suunnittelua. Kokonaisaikataulu laaditaan yleensä tuotteittain, mahdollisesti myös tuotantoyksiköittäin. Tarkoituksena ei kuitenkaan ole ohjata itse valmistusta, vaan taata riittävät resurssit suhteessa suunniteltuun tuotantovolyyymiin.

Tuotannon aikataulun rinnalla tulee myös suunnitella siihen tarvittavat henkilö- ja laitekapasiteetit. Tässä vaiheessa ei tavallisesti tarvita yksityiskohtaista tarkastelua, vaan pyritään sopeuttamaan tuotannon resurssit kysyntää vastaavalle tasolle. Karkeasuunnittelussa laadittava valmistusaikataulu antaa tuotannonohjauksen seuraavalle vaiheelle tiedon siitä, miten koneita ja työntekijöitä tulee kuormittaa kullakin tuotantoerällä tai tilauksella. Näiden tietojen perusteella voidaan jo tehdä esimerkiksi tilausten toimitusaikoja ja valmistuserien kokoa koskevia päätöksiä. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa karkeasuunnittelulla seurataan varastosaldojen tilannetta ja tilauskannan kehitystä, jonka mukaan

suunnitelmaa päivitetään. Näin varmistetaan yrityksen toimituskyky, ja osataan varautua täydennyserien valmistamiseen. Tilausohjautuvassa tuotannossa taas asiakkaille luvatut toimitusajat vaikuttavat karkeasuunnitelman päivittämiseen. (Martinsuo et al., 2016, s.146-149, Haverila et al., 2009, s.415-418)

Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelun tarkoituksena on tarkentaa aiemmat suunnitelmat yksityiskohtaiselle tasolle, jonka seurauksena syntyy tarkka valmistussuunnitelma. Tuotantoerien työvaiheet ajoitetaan ja henkilöresurssien käyttö määritellään tarkasti. Tavoitteena on ohjata tuotantoa niin, että tuottavuus ja toimitusvarmuus olisivat mahdollisimman korkeat. Hienosuunnittelun perusteena on tuotannon ja tilausten todellinen ja mahdollisimman ajantasainen tieto. Hienosuunnittelun ajanjaksoa pyritään pitämään mahdollisimman lyhyenä, esimerkiksi viikko tai päivätasolla, jotta suunnitelma voidaan laatia varmempien tietojen pohjalta, sillä työntekijöiden poissaolot, tuotantohäiriöt sekä eri kuormitusryhmien työjonot vaikuttavat merkittävästi käytössä olevaan kapasiteettiin. (Martinsuo et al., 2016, s.149) Tuotantolaitteiden asetusajoilla on merkitystä työvaiheiden aikatauluja suunniteltaessa. Usein suositaan suuria eräkokoja, jotta asetusajat ja –kustannukset saataisiin minimoitua. Eräkokojen kasvattaminen kasvattaa kuitenkin myös varastoja ja pidentää tuotteiden läpäisy- ja toimitusaikaa. Tällöin varasto sitoo enemmän pääomaa, ja esimerkiksi laatuvirheitä on vaikeampi havaita. Tavoitteena on löytää ihanteellinen tuotantojärjestys, joka minimoi asetusajat, mutta mahdollistaa korkea tuottavuuden ilman toimitusten viivästymisiä. (Martinsuo et al., 2016, s.149-153)

Tuotannon tarkka aikataulu lasketaan työvaiheisiin kuluvan ajan perusteella siten, että aikataulutuksessa lähdetään liikkeelle suunnitellusta valmistusajankohdasta taaksepäin tai suunnitellusta aloitusajankohdasta eteenpäin. Tuotteen tuotantoprosessin aikataulutus käydään vaihe vaiheelta läpi niin, että jokaiseen työvaiheeseen kulunut aika joko vähennetään tai lisätään edellisen työvaiheen alkamisaikaan, jolloin lopulta päädytään tuotteen ensimmäisen työvaiheen laskennalliseen alkamisajankohtaan tai vastaavasti tuotteen valmistusajankohtaan. Nämä molemmat menetelmät ovat yleisesti käytössä tuotannonohjauksen tietojärjestelmissä, jota hyödyntäen hienosuunnittelu yleensä tehdään. Hienosuunnittelussa aikataulutetut työvaiheet ajoitetaan kalenteriin, joista muodostuvat tuotannon työjonot. Työjonon pohjalta tapahtuu valmistuksen ohjaus, joka päivittää tuotannon tapahtumia karkea- ja hienosuunnittelulle. Tämän avulla voidaan seurata materiaalien ja raaka-aineiden tilannetta sekä tuotannon ajoituksen toteutumista. (Haverila et al., 2009, s.418-420)

Valmistuksen ohjaus

Valmistuksen ohjauksen tavoitteena on töiden yksityiskohtainen suunnittelu ja jakelu työpisteittäin, työtehtävien ohjaaminen ja valvonta sekä valmistusprosesseista raportointi-

nen. Valmistuksen ohjauksen haasteina ovat tilausohjautuvat tuotteet, joiden valmistaminen vaatii laajempaa suunnittelua työpisteittäin verrattuna vakiotuoteisiin, joiden valmistus tapahtuu toistuvasti samanlaisten prosessien kautta. Ohjaus toteutetaan useimmiten työmääräimillä, jotka kertovat valmistettavan tuotemäärän, työvaiheet ja mahdolliset muut raaka-aine- ja komponenttitiedot. Tavallisesti työmääräimet tulostetaan yrityksen tuotannonohjausjärjestelmästä, jonka jälkeen ne jaetaan työpisteittäin. Tällöin työjärjestysten muuttaminen on mahdollista aina työvaiheen aloitukseen asti. Tuotantoprosessien kulusta pitää myös raportoida eteenpäin karkea- ja hienosuunnittelulle, jotta toteutuneet tapahtumat päivittyvät materiaali- ja varastokirjanpitoon. Tavallisesti työntekijät tai työnohjatijat syöttävät valmistuneiden tuotteiden tiedot suoraan tietojärjestelmään, jonka kautta pystytään seuraamaan toiminnan tuottavuutta, läpimenoaikoja sekä valmistuksen vaatimaa työmäärää. (Haverila et al., 2009, s.425-426)

3. LEAN FILOSOFIA

3.1 Historia

Lean-filosofian juuret ovat lähtöisin toisen maailmansodan jälkeiseltä ajalta Japanista, Toyotan autotehtaan kehittämästä tavasta valmistaa ja kehittää autoja. Toisen maailmansodan jälkeen japanilaisilla autonvalmistajilla oli vaikeuksia kilpailla amerikkalaisten autonvalmistajien kanssa, jotka valmistivat suuria eriä autoja massatuotannolla pitäen yksikkökustannukset matalina. Japanin pienemmät automarkkinat kärsivät tuolloin suuresta resurssipulasta, jolloin muun muassa raaka-aineet ja taloudelliset resurssit olivat niukalla. 1950 -luvulla Toyotan edustajat vierailivat amerikkalaisissa autotehtaissa hakemassa ideoita autoteollisuuden kehittämiseksi. Tehtailla käytössä ollut massatuotanto oli halvin tapa valmistaa autoja, mutta se vaati tuhansien osien ja ajoneuvojen valmistusta. Markkinoiden ja resurssipulan vuoksi Toyota joutui kehittämään uuden tavan valmistaa autoja tehokkaasti. Massatuotannosta poiketen Toyota alkoi valmistaa tuotteita pienemmissä erissä, ja kehitystyön kautta omaksui pian Lean -ajattelun pohjan, Taiichi Ohnon kehittämän Toyota Production System (TPS) -tuotantofilosofian. 60-luvulla Toyota alkoi opettaa Lean-ajattelumallia toimittajilleen. Tämän jälkeen se alkoi hitaasti levitä ulkopuolelle, ja vasta 90-luvulla maailmalla alettiin puhua Lean -tuotannosta. (Liker 2010, s. 20-24, Ohno 1988, s.10-13)

Toyota pyrki pieniin eräkokoihin minimoimalla koneiden vaihto- ja asetusajat sekä valmistamalla tuotteita juuri oikeaan aikaan vain todelliseen tarpeeseen. Toyota kehitti single-minute exchange of die (SMED) -menetelmän, jolla koneiden asetusajat saatiin lyhennettyä päivistä vain muutama minuutti. Tuotantoprosessia alettiin tarkastella yhtenä virtauksena, joka koostui eri tuotantovaiheista. Tämän myötä Toyota kehitti single-piece-flow periaatteen, joka tarkoitti tuotannon kannalta sitä, että yksi tuote vietiin kerralla tuotantoprosessien läpi alusta loppuun asti. Jatkuva virtaus eli oikeaan aikaan valmistaminen (Just In Time) oli mahdollista luoda minimoimalla kaikki välivarastot ja keskittymällä siihen, mitä tuotantoprosessin seuraava vaihe todella tarvitsee. Matkallaan Amerikkaan Ohno löysi vaikutteita amerikkalaistyyllisestä supermarketista, jossa asiakkaat valitsivat juuri sitä mitä halusivat, ja hyllyjä täydennettiin sitä mukaan, kun tuotteita myytiin. Tämä loi pohjan Leanin peruspilarien, imuohjauksen ja Kanban -työkalun kehittämiseksi. (Liker 2010, s. 20-24)

Tehokkaamman valmistuksen lisäksi läpimenoaikojen lyhentyessä tuotteissa olevat laatuvirheet pystyttiin tunnistamaan helpommin ja niihin oli mahdollista reagoida nopeammin. Keskityttiin siihen, että laatuvirheet tunnistettaisiin heti tuotantolinjalla, eikä niiden annettaisi siirtyä eteenpäin tuotantoprosessissa. Vaikka laatuvirheiden korjaaminen olisi pysäyttänyt koko tuotantolinjan, sen hyödyt olivat silti suurempia kuin pysähdyksestä aiheutuneet kustannukset. (Ries 2011, s. 185-187)

3.2 Toiminnan kehittäminen Lean-periaatteilla

Perinteisesti prosesseja lähdetään parantamaan tuotteen arvoa kasvattavien työvaiheiden kehittämisellä, esimerkiksi kasvattamalla koneen käynnissäoloaika tai korvaamalla työntekijä automaatioilla. Näin voidaan parantaa yksittäisen työvaiheen tuottamaa lisäarvoa, muttei välttämättä nähdä koko prosessin tuotteelle tuottaman arvovirran kehitysmahdollisuuksia. Prosessien kehittäminen Lean-periaatteella perustuu asiakkaalle arvoa tuottamattomien vaiheiden poistamiseen. (Liker 2006, s.31) Kourin mukaan toiminnan kehittäminen Leanin mukaiseksi vaatii tuotteen arvon määrittelemistä asiakasnäkökulmasta, jotta voidaan kehittää asioita, joista asiakas on valmis maksamaan. Tällä pyritään ohjaamaan kehitystoiminta Leanin kannalta oikeisiin asioihin. Organisaation on määriteltävä arvoketju, johon kuvataan ne prosessit, joissa asiakkaalle tuotettavaa arvoa muodostuu. Asiakkaalle lisäarvoa tuottamattomat toiminnot poistetaan, ja arvoa tuottaviin prosesseihin panostetaan.

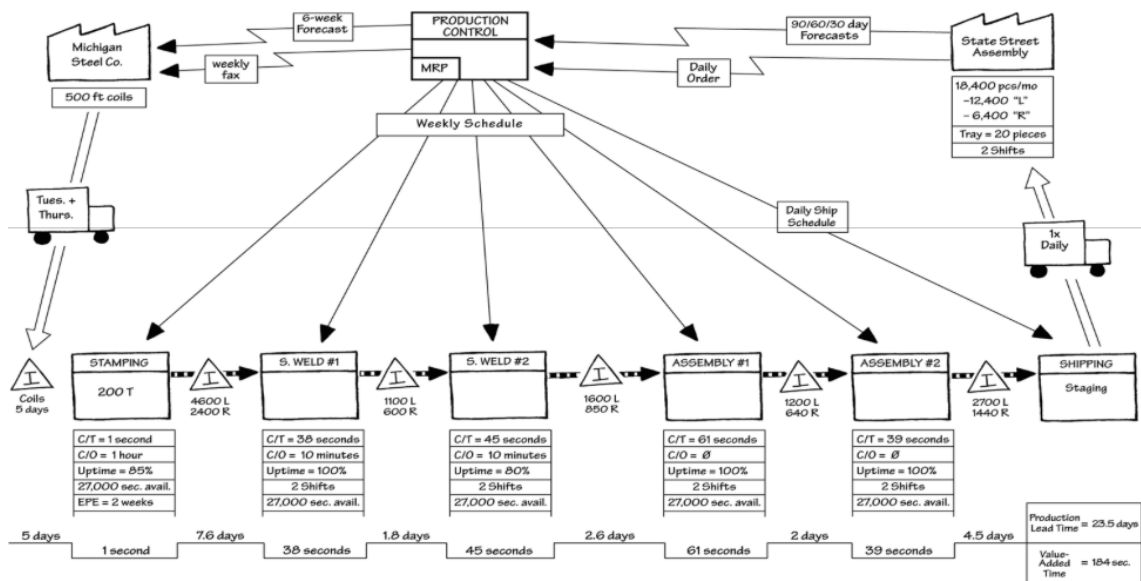
Lean-tuotannossa toiminta perustuu tuotteiden virtaukseen, jossa kaikki toiminnot tapahtuvat lähellä toisiaan, jolloin varastointien tarve pienenee ja läpimenoaika kasvaa. Tuotanto on saatava virtaamaan arvoa tuottavasti. (Liker 2006, s.31) Ideaalisin tilanne Lean-tuotannossa on soveltaa yhden tuotteen virtausta, jossa yksi kappale kulkee kerralla läpi valmistusprosessin. Tuotannon virtauttamisen tavoitteena on valmistaa tuotteet nopeasti todelliseen tarpeeseen. Tällöin tavoitellaan imua, joka syntyy työpisteiden välille. Jokainen työpiste valmistaa tuotteita vasta, kun seuraavalla työpisteellä on niille tarvetta. Näin keskeneräisten tuotteiden varastojen koot pidetään pieninä, jotta tuotteet virtaisivat tuotannossa pysähtymättä. Tällöin tuottavuus on huipussaan, varastoihin sitoutunut pääoma pienenee, läpimenoaika lyhenee ja laatu paranee. Tätä yhden tuotteen virtausta tulisi soveltaa organisaation kaikkiin toimintoihin aina tuotesuunnittelusta tilausten vastaanottamiseen ja itse valmistukseen. Lean-tuotanto ei tarkoita vain joukkoa lean-työkaluja, vaan kokonaisuutta, jossa kaikki osat vaikuttavat kaikkeen ja prosesseja pyritään parantamaan jatkuvasti ratkaisemalla esiin tulevia ongelmia ja minimoimalla hukkaa. (Kouri 2009, s.8-9, 20-21)

3.3 Arvovirran ymmärtäminen

Kaikki prosessit koostuvat joukosta toimintoja, joiden läpi kappale etenee. Arvovirran ymmärtämiseksi pitää ensin sisäistää arvoa tuottavien toimintojen käsite. Arvoa tuottavia toimintoja ovat ne, joiden aikana kappale jalostuu jollain tavalla eteenpäin. Tuotteella siis muodostuu arvoa aina, kun kappaleelle tapahtuu jotakin, jossa se etenee kohti loppuasiakasta. Arvoa tuottamattomia toimintoja taas vastaavasti ovat hetket, jolloin tuote ei jalostu eteenpäin. Tällaisia arvoa tuottamattomia hetkiä voivat olla esimerkiksi ne, kun tuote odottaa varastossa tai jonottaa linjalla seuraavaan työpisteeseen. Tuotteen arvo määritellään aina asiakas- tai tarvenäkökulmasta. (Modig & Åhlström 2013, s.20-25)

Tuotteen arvovirtaketjulla tarkoitetaan kaikkia niitä toimintoja, joita tarvitaan, että toimittajilta tulevat raaka-aineet saadaan työstettyä valmiiksi tuotteiksi asiakkaille. Arvoketju sisältää kumpaakin sekä arvoa tuottavia, että arvoa tuottamattomia toimintoja. Organisaation tulee tarkastella näitä toimintoja, ja pyrkiä poistamaan arvoa tuottamaton toiminta arvoketjusta, jotta toimintaa voidaan kehittää tehokkaammaksi. (Rother & Shook 2009, s. 2-6) Toimintojen asiakasarvon määrittäminen tapahtuu helpoiten kävelemällä koko arvoketju päästä päähän, ja jokaisen toiminnon kohdalla pohtia huomaisiko asiakas, jos kyseinen vaihe olisi jätetty pois. Minkä tahansa prosessin kehittämisen ensimmäinen askel on selvittää prosessin nykytila. Tämä onnistuu parhaiten laatimalla arvovirtakartta koko prosessista.

Arvovirtakartta (Value Stream Map) on työkalu, jolla kuvataan visuaalisesti tuotteen materiaali- ja informaatiovirratt läpi tämän arvoketjun. Arvovirtakartan avulla organisaatio näkee kokonaiskuvan arvoketjun nykytilanteesta sekä toiminnoissa mahdollisesti piilevän hukan. Toyotalla arvovirtakarttaa ei pidetä vain työkaluna nykytilan selvittämiseen, vaan sen avulla voidaan laatia muun muassa kehitysideoiden implementointisuunnitelmia, joiden kautta tavoitellut toimintamallit viedään käytäntöön. Toyotalla on keskitytty tuotannon virtauksen luomiseen, jotta työntekijät ymmärtävät mikä merkitys on materiaalien, tiedon ja prosessien virtauttamisella, sekä hukan poistamisella ja arvon luomisella. Arvovirtakartan laatiminen voidaan jakaa kahteen päävaiheeseen, nykytilan kartoitukseen ja tulevaisuuden tavoitetilan kuvaamiseen. Arvoketjun kehittämisen kannalta on tärkeää, että ketjun nykytilanne on analysoitu ennen kuin kehitysprojektin tavoitteita määritellään. Nykytilan kuvaus on myös selkeä visuaalinen keino, jolla vakuuttaa työntekijät ja johto kehityksen tarpeesta. (Rother & Shook 2009, 2-6) Arvovirtakartasta voidaan havaita monenlaista erilaista hukkaa, kuten esimerkiksi välivarastot, jonotusajat ja työn uudelleen tekemiset. Laatimalla karkea arvovirtakartta toiminnasta saadaan kokonaiskuva, jonka avulla saadaan kaikki näkemään ja olemaan yhtä mieltä kaikesta prosessista löytyvästä hukasta, jota olisi tarkoitus lähteä poistamaan. Nykytilan kartoituksen jälkeen voidaan laatia kartta tulevaisuuden arvovirrasta. Kaavioon määritellään tavoiteltu kokonaiskuva ja sen kautta selvittää yksityiskohtaisemmin, mistä prosessin työvaiheista on mahdollista eniten hukkaa pienentää. (Liker 2006, s.275-277)



Kuva 2. Arvovirtakartta (Rother & Shook 2009)

Arvovirtakartan laatimisen ensimmäinen vaihe on tilaus-toimitusketjun nykytilan piirtäminen. Nykytilan selvittäminen vaatii tiedon keräämistä kentältä ja tuotannosta. Tämä myös tarjoaa tietoa siitä, mitä asioita tulisi kehittää tulevaisuutta kuvaavaan karttaan. Prosessin työvaiheet piirretään karkeasti aikajanalle tilauksen vastaanottamisesta aina valmiin tuotteen toimitukseen asti. Jokaisen työvaiheen alle piirretään informaatiolaatikko, johon kirjataan työvaiheen tietoja kuten esimerkiksi tahtiaika, cycle time, käyttöaste, asetus aika ja erä koko. Työvaiheiden väliin piirretään vaiheiden välivarastot ja niissä odottavien tuotteiden lukumäärät sekä varastointiajat. Tämän jälkeen karttaan kuvataan tehtaalle saapuvien raaka-aineiden määrät ja tilaukset sekä asiakkaalle kuljetettavien tuotteiden määrät. Kun materiaalivirrat on kuvattu, siirrytään piirtämään prosessissa kulkevaa informaatiiovirtaa. Karttaan piirretään niin elektroniset informaatiiovirrat, kuten esimerkiksi ERP-järjestelmistä saatavat informaatiot, sekä henkilöltä saatavat informaatiot. Informaatiiovirrat kuvataan karttaan aina oikealta vasemmalle, eli toimitusketjun lopusta kohti alkua. Kartan alareunaan piirretään aikajana, johon merkitään jokaiseen työvaiheeseen ja välivarastointiin kulunut aika. Aikajanan loppuun saadaan summattuna tuotteen läpimenoaika sekä sen prosessointiin kulunut aika, joka on usein huomattavasti pienempi, kuin tuotteen todellinen läpimenoaika on. Valmista karttaa analysoimalla voidaan helposti havaita, missä prosessin vaiheissa olisi kehitettävää. Tutkimusten ja analysoinnin pohjalta piirretään vastaavanlainen kartta kuvaamaan toivottua tulevaa arvoketjua. (Rother & Shook 2009, 2-29)

3.4 Jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen on yksi Lean ajattelun perusteista, jossa organisaatiota ja toimitusketjua tarkastellaan kokonaisuutena. Tavallisestihan parantamisprosessit yrityksissä ovat projektiluontoisia, jossa johtaminen ja jatkuva parantaminen nähdään erillisinä asioina. Lean-työkaluja hyödyntäen yrityksen tulee kehittää toimintaperiaatteet, joiden avulla se mahdollistaa jatkuvan ja systemaattisen kehittämisen organisaatiossa. Jatkuvalla kehittämisellä ei tarkoiteta vain uusien innovaatioiden keksimistä, vaan ajatusmaailmaa, joka kaikilla työntekijöillä tulisi olla mielessä töitä tehdessään. Se on johdon esimerkistä liikkeelle lähtevä kulttuurin muutokseen pyrkivä prosessi työpaikalla. Jokaisen tulisi miettiä omalla kohdallaan, miten voisi tehdä työnsä paremmin tai vastaavasti mitkä asiat vaikeuttavat hyvään työsuoritukseen pääsyä. Jatkuvan kehittämisen ideologia on asetettava työntekijän päivittäisiin tehtäviin, jonka kautta kehittämisestä tulee luonteeltaan jatkuvaa ja se integroituu normaaliin työhön. Esimerkiksi Toyota toteuttaa vuodessa noin kolmekymmentä ideaa per työntekijä, joiden avulla saavutetaan merkittäviä säästöjä. Tällä tavoin organisaatio antaa myös signaalin johtamistyylistä, jossa vastuuta jaetaan ja muutoksia toteutetaan alhaalta ylöspäin. (Hill & Hill 2018, s.75-76) Tätä tapaa oppivaksi Lean-organisaatioksi pyrkivän yrityksen tulee noudattaa ja ymmärtää näiden muutosten edellytykset. Johdon tulee omalla esimerkillään näyttää jatkuvan kehittämisen tärkeys ja sitoutua siihen, sekä olla itse valmis oppimaan uutta. Työnjohtajien omalla suhtautumisella on merkittävä vaikutus työntekijöiden haluun oppia ja kehittää. Nykyisessä kilpailuympäristössä jatkuva parantaminen on välttämätöntä markkinoilla pysymisen kannalta, mutta siinä menestyminen vaatii työntekijöiden aloitteita ja motivaatiota. (Liker 2006, s. 6, 290-294, Sundar et al., 2014, pp.1875-1885)

Jatkuvan parantamisen japanilainen termi on Kaizen, jolla tarkoitetaan niin pienten kuin suurtenkin parannusten tekemistä organisaatiossa. Kaizen opettaa myös työntekijöille taitoja toimia yhdessä ja ratkaista ongelmia ryhmässä. Jatkuvan parantamisen tavoitteena on kehittää organisaatiota siihen suuntaan, että se osaa tunnistaa, analysoida ja kehittää hukkaa aiheuttavia tekijöitä tuotantoprosesseissa sekä kehittää ja toimia standardoitujen prosessien mukaisesti. (Liker 2006, s.23) Kaizenin perustana ovatkin vakaat, standardoidut toimintatavat. Jos prosessin menetelmää ei ole standardoitu, jokainen prosessiin kehitelty parannus on vain yksi muunnos toimintatavasta, jota saatetaan käyttää, tai sitten ei. Prosessin on oltava standardoitu, jotta sitä voidaan kehittää. Esimerkiksi aina laatuvirheiden syntyessä tulee selvittää, onko työ suoritettu standardoidun menetelmän mukaisesti. Mikäli näin on toimittu, mutta epäkurantti tuote syntyy silti, tulee standardoitua toimintatapaa kehittää, jotta siitä aiheutuneesta hukasta päästään eroon. (Liker 2006, s. 142–143.)

Jatkuvan parantamisen prosessi alkaa tuotannon nykytilan ja ongelmien selvittämisellä ja niistä aiheutuvan hukan tunnistamisella. Kun tuotannon nykytila on selvitetty, analysoidaan ongelmien juurisyyt ja pohditaan mahdollisia kehitystoimenpiteitä. Eri kehitysvaihtoehtojen punnitsemisen jälkeen valitaan toteutettava menetelmä, joka implementoidaan

organisaatioon ja vakioidaan osaksi standardoituja menetelmiä. Tämän jälkeen kehitettyjä menetelmiä seurataan ja arvioidaan. Yksi käytetyimmistä jatkuvaa parantamista kuvaavista menetelmistä on W. Edwards Demingin kehittänyt kehittämistä ja ongelmanratkaisua helpottava PDCA-sykli, joka tulee sanoista Plan, Do, Check & Act. Suunnitteluvaiheessa pohditaan erilaisia kehitysvaihtoehtoja ja määritellään parantamisprosessin vaiheet. Esimerkiksi tuotannon jatkuvan virtauksen luomisprosessissa tässä vaiheessa suunnitellaan ja luodaan olosuhteet tuotannon jatkuvalle virtaukselle. Suoritusvaiheessa on tarkoitus laatia pilottihanke tehtävästä muutoksesta, jotta prosessissa ilmenevät ongelmat nousevat esiin ja menetelmän suorituskykyä saadaan mitattua. Kolmannessa vaiheessa arvioidaan hankkeessa havaittuja etuja ja haittoja sekä tehdään mahdolliset korjaavat muutokset ja vastatoimenpiteet ennen itse toteutusta. Toteutusvaiheessa parannusta lähdetään tekemään kehityskohteessa sekä arvioidaan parannuksen tuottamia tuloksia. Viides vaihe on hyviksi havaittujen toimintatapojen standardointi sekä vakioitujen toimintatapojen laajentaminen organisaation muihin toimintoihin. Tästä eteenpäin toimintaa kehitetään jatkuvasti uusia ongelmia havainnoimalla sekä aloittamalla niiden analysointi syklin mukaisesti uudelleen alusta. (Kouri 2009, s.14-15, Liker 2006, s.263-264, Haverila et al., 2009, s.382)

3.5 Lean tuotanto

Lean-tuotannon keskeisenä periaatteena on keskittyä asiakkaalle lisäarvoa tuottavaan toimintaan. Lean-tuotannossa tuottavuutta ei paranneta työtahdin kasvattamisella, vaan tuotantoprosessissa olevien hukkien poistamisella. (Kouri 2009, s.10) Leanin mukaan kaikki asiakkaalle arvoa tuottamaton toiminta on hukkaa, jota on pyrittävä poistamaan. Kaikkia niitä yrityksen toimintoja ja prosesseja, joista asiakas ei ole valmis maksamaan, voidaan kutsua hukaksi. Tutkimuksissa on usein osoitettu, että vain 5% tuotteen kokonaisläpimenoajasta on todellisuudessa arvoa tuottavaa aikaa. Tämä tarkoittaa, että 95% tuotteelle laskettavista kustannuksista eivät tuota arvoa. Tämä sama toistuu niin palveluprosesseissa, kuin tuotannossakin. Ensimmäinen tehottomuuden lähde on pitkä läpimenoaika. Kun ensisijaisia tarpeita ei täytetä ajoissa, syntyy uusia toissijaisia tarpeita, joita ei välttämättä alun perin ole ollut olemassakaan. Hukan tunnistamisen ensimmäinen vaihe on tuoda hukka ja ongelmat esille. Kun hukkia poistetaan systemaattisesti, työn tuottavuus ja laatu paranevat. Organisaatiossa hukkaa voi esiintyä monessa eri muodossa, mutta Lean -ajattelumallissa hukkatyyppejä on määritelty kahdeksan. Nämä hukkatyypit ovat: (Liker 2010, s. 27-29, Slack et al., 2010, s.435-439)

Ylituotanto. Ylituotannolla tarkoitetaan sitä, että osia valmistetaan enemmän mitä todellinen tarve on, tai liian aikaisin todelliseen tarpeeseen nähden. Ylituotantoa pidetään lean-ajattelussa suurimpana hukan aiheuttajana, koska tämä aiheuttaa tarpeettomia kuluja muun muassa ylimääräisten varastojen ja kuljetusten muodossa. Joissain tapauksissa tuotteet voivat myös vanhentua, mikä aiheuttaa suoraa hävikkiä. Ylituotanto voi johtua esi-

merkiksi liian suurista eräkoista tai tuotteiden valmistamisesta varastoon esimerkiksi konerikkojen varalta. Nämä johtavat tarpeettomaan henkilökunnan palkkaamiseen sekä kasvattavat varastointi- ja kuljetuskustannuksia liian suurien varastojen vuoksi. Kun tuotteita valmistetaan enemmän kuin asiakas haluaa, kertyy prosessista riippumatta aina jonnekin varastoa. Suurilla varastopuskureilla tämä vaikuttaa myös työntekijöiden motivaatioon jatkuvaa parantamista kohtaan, sillä miksi kehittää jotakin valmistusprosessia nopeamaksi, kun tuotteet kuitenkin odottavat varastossa ennen loppukokoonpanoon pääsyä.

Odottelu. Työntekijä tai tuote joutuu odottamaan esimerkiksi edellistä valmistusvaihetta, työkalua tai konetta. Odottelu on yksi suurimmista hukan aiheuttajista. Sillä tarkoitetaan prosessin sellaista vaihetta, jossa tuotetta ei työstetä, eli arvoa asiakkaalle ei synny. Odottelu johtuu usein siitä, että tuotannon virtaus on huono, työpisteiden etäisyydet ovat suuria tai koneiden odotusajat pitkiä. Tuotannon hienosuunnittelu on suunniteltava niin, että työntekijät ja koneet eivät joudu odottamaan.

Tarpeeton kuljettelu. Materiaalinen turha kuljettaminen voi johtua esimerkiksi tuotannon huonosti suunnitellusta layoutista. Tavaraa voidaan joutua siirtelemään välivarastoista toiseen tai pois työpisteiden tieltä, jolloin kaikki tavaran turha liikuttelu on arvoa tuottamatonta hukkaa. Työpisteet tulee suunnitella sellaisiksi, ettei työntekijä joudu siirtymään paikasta toiseen työtehtäviä tehtäessä.

Ylikäsittely. Ylikäsittelyllä tarkoitetaan sellaista tuotteen yliprosessointia, joka ei enää lisää tuotteen arvoa. Tällöin tuotteesta tehdään turhaan liian hienoa, vaikka sille ei todellisuudessa ole tarvetta. Ylikäsittelyä sisältää myös liian kehittyneiden, monimutkaisten ja kalliiden työkalujen ja koneiden käytön, joka ei tuotteen asiakkaan tarpeisiin vastaa- miseksi olisi välttämätöntä. Hukkaa syntyy, kun valmistetaan laadukkaampia tuotteita kuin on tarpeen.

Varastointi. Liian suuret varastot raaka-aineilla, puolivalmisteilla ja valmiilla tuotteilla aiheuttavat pitkiä läpimenoaikoja, vanhentumista sekä ylimääräisiä varastointi- ja kuljetuskustannuksia. Suuret varastot kätkevät myös helposti alleen tuotannon pullonkaulat kuten asetusajat, valmistusajat ja myöhästymiset tuotannossa. Varastointi vaatii ylimääräistä varastotilaa, mikä lisää kustannuksia, sekä varastojen kasvaessa on vaikea muodostaa kokonaiskuvaa varastojen tilanteesta. Myös laadultaan heikompi keskeneräinen tuotanto piiloutuu suuriin varastomääriin, jolloin syntyy taas toissijaisia tarpeita, joita ei pienemmillä varastoilla ilmenisi. Varastoissa on voinut odottaa viallisia tuotteita jo monta viikkoa ennen kuin niitä edes huomataan. Tuotannon epätasapaino ja myöhästyneet toimitukset alihankkijoilta voivat johtua suurista varastomääristä, sillä raaka-aineiden tarveajankohtaa on vaikeampi määritellä, kun varastomäärien vaihtelu ja koot ovat suuret. Varastoja tulee pienentää esimerkiksi tuotteen virtausta tehostamalla ja koneiden asetus- aikoja pienentämällä.

Tarpeeton liikkuminen. Kaikki työntekijän työn aikana tekemä ylimääräinen liike on hukkaa. Turhaa liikkumista aiheuttaa esimerkiksi työkalujen ja osien etsiminen, esineiden siirtely ja työpisteiden välillä olevat etäisyydet. Työpisteen layoutilla ja työkalujen sijoittelulla voidaan saada helposti vähennettyä työntekijän turhaa liikettä. Leanin mukaan myös kävely on hukkaa.

Viat. Viallisten tuotteiden tekeminen ja niiden korjaaminen aiheuttavat virhekustannuksia ja hukkaa. Laaduntarkkailumenetelmät ja työntekijöiden koulutus ovat avainasemassa laatuvirheiden estämisessä. Myös koneiden ja laitteiden ennaltaehkäisevä kunnossapito vähentää laatuvirheitä ja koneesta johtuvia tuotannon seisauksia, mitkä puolestaan ovat arvoa tuottamatonta hukkaa. Jokaista työpistettä tulee ohjeistaa laadukkaiden tuotteiden tekemiseen, ja jokainen osasto vastaa itse virheettömien tuotteiden valmistuksesta ja laadun tarkistuksesta, ennen kuin niitä siirretään varastoon tai seuraavalle tuotanto-osastolle.

Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. Leanin seitsemän hukan lisäksi mainitaan usein kahdeksas hukka, joka on työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen. Työntekijöiden potentiaaliset ajatukset tuotannon kehittämisestä jätetään huomioimatta, jolloin hukataan helposti aikaa ja ideoita, joita usein työpisteellä työskenteleviltä henkilöltä löytyy. (Liker 2010, s. 27-29, Kouri 2009, s. 10-11, Modig & Åhlström 2013, s.74-76)

Montaa arvoa tuottamatonta hukkaa voidaan poistaa kehittämällä tuotannon virtausta. Virtauksen luominen onkin yksi Leanin peruspilareista. Virtauksen luonnilla tarkoitetaan tuotannon layoutin järjestelyä niin, että tuote voidaan valmistaa nopeilla läpimenoajoilla ilman suuria välivarastoja. Ideaalitilanne on saavuttaa yhden kappaleen virtaus, jolloin kappale kulkee koko valmistusmatkan ilman välivarastoja alusta loppuun. Tällöin varastoihin sitoutunut pääoma ja tilantarve ovat pienimmillään. (Kouri 2009, s. 24-25) Lean-tuotannossa pyritään rytmittämään valmistus niin, että tuotteita voidaan valmistaa vain todelliseen tarpeeseen, eli juuri silloin, kuin niitä tarvitaan. Tähän Leanissa pyritään Just In Time -tuotannon ja imuohjauksen avulla. Tällöin valmistusprosessin seuraavaa vaihetta pidetään asiakkaana, jolle toimitetaan juuri tarvittava määrä tuotteita, vasta sitten kun niitä todella tarvitaan. (Liker 2010, s. 104-105)

3.6 Työn standardointi

Jos työtä ei ole standardoitu ja valmistusprosessi vaihtelee edestakaisin, on mahdotonta parantaa prosessia. Prosessin on oltava vakioitu, ennen kuin voidaan varmistua jatkuvien parannusten käytöstä. Vakioidulla työllä tarkoitetaan turvallisinta ja tehokkainta tapaa tehdä työ mahdollisimman lyhyessä ajassa. Tällöin resurssien, kuten työntekijöiden, koneiden ja raaka-aineiden hyödyntäminen on tehokkainta. Vasta kun kaikki työntekijät toimivat samojen toimintatapojen mukaan, on mahdollista selvittää, miten työn toteutustapa vaikuttaa tuotteiden laatuun, tuottavuuteen ja työturvallisuuteen. Standardoidulla työllä

on myös vaikutuksensa tuotteiden laatuun. Aina kun jokin laatupoikkeama havaitaan, selvitetään ensimmäiseksi, onko työtä tehdessä noudatettu standardoituja työohjeita. Tasaista laatua ei voida taata, ellei työ ole vakioitu yhdenmukaiseksi. Mikäli poikkeamia esiintyy silti, on standardoitua työtä kehitettävä. (Liker 2006, s.140-142) Vakioitujen toimintatapojen laatiminen vaatii työprosessin tutkimista, valmistuksen sykli aikojen selvittämistä ja prosessin ohjausta, jotta voidaan selvittää, miten tietty työ voidaan tehdä tavoiteajassa, ja mikä tavoiteaika on. (Sundar et al., 2014, pp.1875-1885) Työn vakiinnuttamisella ei kuitenkaan tarkoiteta työntekijän oma-aloitteisuuden vähentämistä, vaan sillä haastetaan työntekijät kehittämään parempia menetelmiä omaan työhön liittyen.

” Tämän päivän standardointi on välttämätön perusta, johon huomispäivän kehitys pohjautuu. Jos ajattelet ”standardointia” parhaana vaihtoehtona, minkä tiedät tänään, mutta jota täytyy parantaa huomenna, alat päästä jyvälle. Mutta jos pidät standardeja suljettuina, kehitys pysähtyy.” –Henry Ford 1988

4. LEAN -TYÖKALUT TUOTANNONOHJAUKSEN PARANTAMISESSA

4.1 JIT filosofia ja imuohjaus

Perinteisellä tuotannonohjauksella tarkoitetaan usein työntöohjausta, jossa tuotantoa ohjataan ennusteisiin perustuvilla suunnitelmilla. Usein valmistaminen tapahtuu mahdollisimman suurissa erissä, jotta valmistuskustannukset saataisiin minimoitua. Tuotteita ja osakomponentteja valmistetaan valmiiksi varastoon, jotta voidaan varaston avulla vastata asiakkaiden tarpeisiin. Työntöohjauksesta syntyy kuitenkin ongelmia, sillä tuotannonohjauksen perustana olevat valmistussuunnitelmat eivät aina täysin vastaa todellisuutta, eikä niiden mukaan pystytä aina toimimaan. Tästä aiheutuneita ongelmia hoidetaan usein työvaiheiden välisillä varastoinneilla, jotka taas vaikuttavat tuotteiden läpimenoajan kasvuun sekä hallittavien asioiden määrään. Koska valmistus perustuu siihen, kuinka paljon kysyntää uskotaan olevan, aiheutuu tästä helposti ylituotantoa, lisääntyneitä varastointikustannuksia ja tavaroiden turhaa siirtelyä. (Liker 2010, s. 104, Haverila et al., 2009, s.422-423)

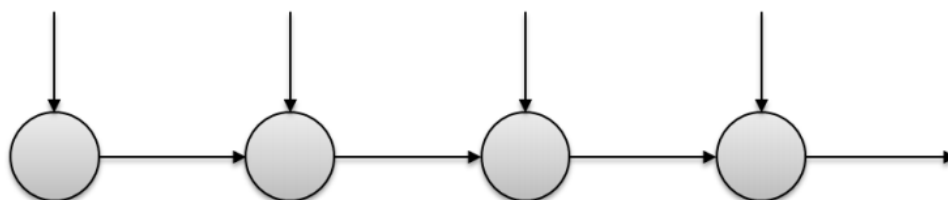
JIT (Just In Time) –tuotanto taas toimii imuohjausperiaatteella, jossa valmistus käynnistyy vain todellisesta asiakastarpeesta, eikä ylituotantoa ei pääse näin syntymään. Toimintamallissa pyritään pitämään materiaalivirrat nopeina ja välttämään turhaa varastointia niin pitkälle kuin mahdollista. Just In Time -filosofian tarkoituksen on, että tuotteita on juuri oikea määrä, oikeassa paikassa ja oikeaan aikaan. JIT-tuotannolle on ominaista pienien tuote-erien valmistus toistuvasti lyhyin väliajoin. Prosessin joustavuuden johdosta tuotannossa on mahdollista reagoida nopeasti muuttuviin asiakastarpeisiin. Asiakkaana JIT- filosofiasa voidaan pitää ulkoista tai sisäistä asiakasta. Valmistusprosessin seuraava vaihe voi myös siis toimia asiakkaana, jonka tarpeeseen vastataan. Tällöin esimerkiksi tuotteen valmistusprosessin kokoonpano-osasto imee tarvittavat osat sitä edeltäviltä tuotantovaiheilta, jolloin valmistusimpulssit tulevat valmistusketjun lopusta ketjun alkupäätä kohti. Alkupään osavalmistus ei siis saa valmistaa uusia osa-eriä ennen kuin he saavat viestin osien tarpeesta. Toimintamallin tehokkuus perustuu tuotteiden nopeampaan läpimenoaikaan ja toiminnan korkeampaan laatuun. (Haverila et al., 2009, s. 361-362)

JIT –tuotannon kehittämisessä pyritään pienentämään valmistettavien tuotteiden eräkoja, mikä on mahdollista koneiden asetusajojen asetustekniikkaa ja menetelmiä optimoimalla. Tällöin pitkät asetusajat eivät aiheuta tarvetta valmistaa isoja tuotantoeriä, vaan mahdollistavat eräkokojen kaventamisen kannattavuuden kärsimättä. Myös keskeneräisen tuotannon määrä pienenee, ja tuotannosta tulee joustavampaa. (Tuominen 2010, s.77, Haverila et al., 2009, s.428) Ylituotannosta aiheutuvan hukan väheneminen on tärkein imuohjauksella saavutettavista hyödyistä. Imuohjauksen avulla voidaan myös lyhentää

tuotteiden läpimenoaikaa ja pienentää varastointikustannuksia, koska valmiit tuotteet ja puolivalmisteet eivät odota enää varastoissa. (Liker 2010, s. 104-106)

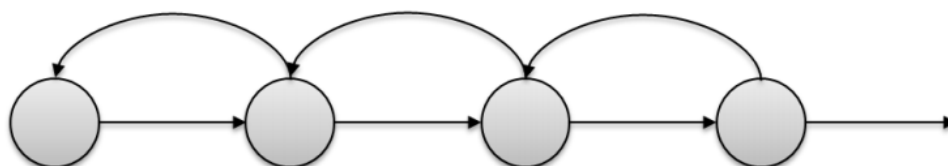
Työntöohjaus

Ohjausimpulssit



Imuohjaus

Ohjausimpulssit



Kuva 3. Työntö- ja imuohjauksen ero (Haverila et al., 2009, s. 423)

Imuohjauksen ideaalisin muoto on yhden tuotteen virtaus, jossa yksi tuote valmistetaan suoraan alusta loppuun ilman välivarastoja. Tällöin jokainen työpiste saa osakomponentit välittömästi edelliseltä työvaiheelta, eikä välivarastoille ole tarvetta. Tällöin valmistus on 100% kysyntäpohjainen, eli varastoa ei ole ollenkaan. Tämä on kuitenkin harvoin mahdollista toteuttaa täysin yhden tuotteen virtauksen periaatteella, sillä kaikilla valmistusvaiheilla ei esimerkiksi ole samaa tahtiakaa, jolloin pieniä välivarastoja valmistusprosessien välillä tarvitaan. Käytännössä imuohjaus toimii siis pienten nopeasti liikkuvien välivarastojen kautta, jotka antavat valmistusimpulssin, kun osia käytetään. Tämä tapahtuu siksi, että virtauksessa on normaalisti katkoksia, kun raaka-aineista työstetään valmiita komponentteja. Tällainen välivarastoilla tapahtuva imuohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi Ohnon kehittämien kanban -korttien avulla. Kanban -järjestelmässä varastolaatikoiden pohjalle liitetään kanban -kortti, josta löytyy tiedot mm. valmistettavista kappalemääristä ja tarvittavista osista. Tällöin tyhjästä laatikosta esiin tuleva kanban -kortti antaa valmistussignaalin edelliselle tuotantovaiheelle. Tilausimpulssina voidaan käyttää myös esimerkiksi edelliselle valmistusosastolle palaavaa tyhjää lavaa, joka antaa signaalin alkaa valmistaa tuotetta. (Liker 2010, s. 105-106).

4.2 SMED

Lean -filosofiassa tavoitellaan arvoa tuottamattomien toimintojen poistamista. Koneiden pitkät asetusajat ja suuret eräkoot aiheuttavat hukkaa, jota SMED (Single Minute Ex-

hange of Dies) -menetelmän avulla pyritään poistamaan. Menetelmä sopii paitsi tuotantoprosessin parantamiseksi, myös laitteiden suunnittelun kehittämiseksi. SMED asetus-aika-analyysillä lyhennetään koneiden asetusajoja, minkä seurauksena myös eräkokoja voidaan pienentää. Valmistusprosessissa tällä hetkellä valmistettavasta tuotteesta toisen tuotteen valmistamiseen siirtyminen on avainasemassa tuotannon erien pienentämisessä ja siten myös virtauksen parantamisessa. Lyhyet asetusajat ja pienemmät eräkoot vaikuttavat valmistusprosessin joustavuuteen, ja lisäävät tällöin myös toimitusvarmuutta. Myös laajempien tuotevalikoimien valmistaminen helpottuu, kun asetusajat ovat optimoitu. Tällä ei kuitenkaan tarkoiteta, että kaikkien asetusten vaihtojen pitäisi kestää vain muutama minuutti, mutta niiden ei pitäisi kestää enempää kuin kymmenen minuuttia. Valmistusprosessin vaihto tuotteesta toiseen pitäisi tapahtua nyt nopeammin kuin koskaan ennen, koska tuotteiden kysynnän kasvu vaihtelee, niiden elinkaaret ovat lyhentyneet sekä varastojen määriä halutaan vähentää jatkuvasti. (Cakmakci 2007, s. 168-169)

Erinomainen esimerkki SMED:n soveltamisesta on F1 kilpa-ajoissa tapahtuva renkaiden vaihto. Kilpa-ajaja taistelee aikaa vastaan, joten jokaisella pysähdykseen kuluvalle sekunnilla on merkitystä. Tyypillisesti varikolle ajaminen kestää 10-15 sekuntia. Jokainen varikolla työskentelevä henkilö tietää oman tehtävänsä, ja tekevät kaikkensa hoitaakseen oman osuutensa mahdollisimman nopeasti. Kaikki renkaanvaihdossa tarvittavat työkalut ja välineet ovat asetettu valmiiksi oikeille paikoilleen, jotta niiden liikuttamiseen ei kulu yhtään ylimääräistä aikaa. Työkalujen käyttö on standardoitu ja toimintatavat optimoitu, jotta jokainen toimii samalla tavalla. Auton irrotettavia osia on muokattu niin, että ne saadaan poistettua nopeasti jopa ilman työkaluja. Nämä samat periaatteet toimivat missä tahansa tuotantoprosessin vaihdossa tuotteesta toiseen. Työkalut ja laitteet voidaan tuoda työpisteen ympärille niin, ettei työntekijä joudu poistumaan työpisteeltä ollenkaan silloin, kun kone ei ole käynnissä ja asetuksen vaihto on vielä kesken. Vaihdossa muutettavien komponenttien kiinnityksiä voidaan nopeuttaa esimerkiksi erilaisten muottien, värikoodien ja jigien avulla. (Norzaimi&Sollahuddin, 2015, Slack et al., 2010, s.443)

SMED analyysi aloitetaan havainnoimalla tai videoimalla tuotteen vaihto toiseen tuotteeseen. Kaikki vaihdossa havaitut vaiheet kirjataan taulukkoon, ja jokaiseen työvaiheeseen kulunut aika kirjataan ylös. Vaihdon loputtua asetuksen vaihdon nykytilanne on kuvattuna taulukossa, josta työvaiheita lähdetään tutkimaan yksitellen. SMED jakaa asetusprosessin sisäisiin ja ulkoisiin asetusajoihin. Sisäinen asetus-aika käsittää ne asetuksen toiminnot, jolloin koneen on oltava pysähdyksissä. Ulkoinen asetus-aika taas tarkoittaa niitä toimintoja, joita voidaan tehdä koneen ollessa käynnissä. Analyysin seuraava vaihe onkin erottaa asennusprosessista kaikki ulkoiset ja sisäiset työvaiheet omiin sarakkeisiinsa. Tarkoituksena on luoda toimintamalli, jossa mahdollisimman moni sisäinen asetus voitaisiin tehdä ulkoisena koneen ollessa käynnissä. Esimerkiksi kaikki asetusvaihtoa valmistelevat toimenpiteet kuten työkalujen ja materiaalien haku tulisi suorittaa jo koneen käydessä. Lopuksi kaikki asetuksen toiminnot käydään läpi ja pohditaan mitä kohtia voidaan lähteä

kehittämään. Tämän jälkeen kehitetyt toimintatavat standardoidaan ja ohjeistetaan työntekijöille. (Cakmakci 2007, s. 170, Dave & Sohani 2012, s.27-32, Norzaimi & Sollahuddin, 2015, s.13-16) Shingo on tarkemmin määritellyt kahdeksankohtaisen listan, jotka tulee ottaa huomioon SMED -menetelmää implementoidessa:

1. Sisäisen ja ulkoisen asetusajan toimintojen erottaminen toisistaan.
2. Sisäisten asetusten siirtäminen ulkoisiksi asetuksiksi
3. Standardisoidaan
4. Suunnitellaan nopeammat kiinnitinjärjestelyt
5. Esiasetetut kiinnittimet
6. Samanaikaisten työtehtävien tekeminen
7. Hienosäätöjen minimointi
8. Mekanisointi

(Shingo 1985, s. 29-31)

4.3 5S

5S -malli on työkalu siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseen. 5S:n tarkoitus on pitää työpisteet puhtaina ja siistinä ylimääräisistä tavaroista, joita tuotannossa ei tarvita. Työpis-teillä olevat ylimääräiset materiaalit ja epäsiisteys piilottavat alleen tuotannossa olevia ongelmia. Päivittäisessä käytössä olevat epäsiistit työpisteet aiheuttavat pitkällä tähtäimellä pidempiä läpimenoaikoja, matalaa tuottavuutta, haasteita ergonomiassa sekä tuotteiden hukkumista, mikä taas johtaa tilausten myöhästymisiin. 5S -menetelmän tarkoituksena on minimoida tuotannon virheistä, vioista ja loukkaantumisista aiheutuvaa hukkaa. Kun toimintaympäristö on siisti, poikkeamat ja ongelmat ovat helpommin havaittavissa. Menetelmän avulla voidaan kasvattaa työpisteiden tuottavuutta ja työturvallisuutta sekä ennaltaehkäistä esimerkiksi tuotantolaitteissa ilmeneviä ongelmia. 5S luo toimintaympäristön, joka on kurinalainen, puhdas ja jossa kaikelle on oma paikkansa. Kokonaisuudessaan 5S on jatkuva kehitysprosessi, jonka avulla luodaan käytännöt jär-jestykselle ja yleiselle puhtaudelle esimerkiksi dokumentoitujen ohjeiden ja visualisoinnin keinoin. (Tuominen 2010b, s. 4.)

5S -nimi on lähtöisin japaninkielisistä sanoista seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke, jotka tarkoittavat viittä eri työvaihetta, joilla työpisteillä esiintyvää hukkaa on mahdollista vähentää. Suomeksi nämä vaiheet ovat: Lajittele, Järjestä, Puhdista, Standardoi, Ylläpidä. (Liker 2010, s. 150, Tuominen 2010b, s. 7-8)



Kuva 4. Mitä on 5S? (Phillippi 2017)

5S-ohjelman ensimmäisessä vaiheessa lajitellaan ja poistetaan työympäristöstä kaikki sellaiset materiaalit, tavarat ja laitteet, jotka eivät ole välttämättömiä valmistettavan tuotteen kannalta. Jokaisen tavarankäyttötarkoitus analysoidaan ja luokitellaan joko tarpeelliseksi tai tarpeettomaksi. Harvoin käytettyihin tavaroihin liimataan punainen lappu, ja ne siirretään pois työskentelyalueelta. Hyvä nyrkkisääntö on poistaa työpisteeltä kaikki, joita ei seuraavan 30 päivän aikana tulla tarvitsemaan. Tarkastelujakson jälkeen nähdään, onko mitään laputetuista tavaroista todella tarvittu. Työpisteeltä poistetaan tai siirretään kaikki tarpeeton ja vain harvoin tarvittava tavara pois. Esimerkiksi virheelliset materiaalit, rikkinäiset työkalut ja vanhentuneet käyttöaineet ovat tilaa ja resursseja vieviä materiaaleja. Tavaroiden luokitteluun on hyvä ottaa mukaan myös työnjohto, jotta he voivat vakuuttua 5S-toiminnan merkityksestä ja havaita turhasta tavarasta aiheutuvan hukan. Työkalujen paikat tulisi olla niin selvästi merkitty, että kaikki työntekijät sekä ulkopuoliset henkilöt löytävät ne ja standardoidut toimintatavat ovat selvät kaikille.

Järjestelyvaiheessa jokaiselle tarpeelliseksi luokitellulle tavaralle etsitään oma paikka ja määritellään varastossa säilytettävien kappaleiden enimmäismäärä. Jokaiselle tavaralle on tällöin oma merkattu säilytyspaikkansa työpisteellä, johon se myös palautuu käytön jälkeen. Paikkojen merkitsemisessä on hyvä käyttää visuaalisuutta, esimerkiksi värikoodien ja teippauksien avulla. Lavapaikat on hyvä maalata tai teipata lattiaan, jotta poikkeamat voidaan visuaalisesti havaita nopeastikin. Kulkureitit on turvallisuussyistäkin maalattava selvästi erottuviksi, ja ohjeistettava kaikkia tuotantoympäristössä liikkuvia siitä, ettei kulkureiteille varastoida mitään. Kun tavarat ovat järjestyksessä, vältetään turhalta aikaa vievältä etsimiseltä.

Ohjelman kolmannessa vaiheessa keskitytään puhdistukseen ja yleiseen siisteyteen. Siisteydellä ja laitteiden kunnossapidolla pyritään takaamaan etenkin laitteiden toimivuus ja työpisteen työturvallisuus. Siistissä ympäristössä myös toimintahäiriöt ja orastavat ongelmat ovat helpommin havaittavissa. Esimerkiksi tuotantolaitteistolle tehtävän päivittäisen puhdistuksen yhteydessä voidaan havaita orastavat viat jo ennen kuin niistä muodostuu ongelmia tuotannolle. Työpisteet siivotaan huolellisesti, ja luodaan selkeä ohjeistus päivittäisiin siivousrutiineihin. Siisti työskentely-ympäristö edesauttaa myös tehokkaampien työtapojen kehittämistä.

Standardointi- eli vakiointivaiheen tarkoituksena on tehdä edellisistä vaiheista päivittäisiä rutiineja, jotta niiden vaikutus ei jäisi vain väliaikaiseksi. Kaikki siivoukseen ja puhdistukseen liittyvät toimenpiteet tulee vakioida niin, että toiminta on rutiininomaista ja ohjeistuksia noudatetaan. Vakiointivaiheessa työpisteessä tehtävät puhdistustoimenpiteet käydään läpi, ja toimintaohjeet dokumentoidaan selkeästi kaikkien näkyville. Standardoinnin avulla voidaan muuttaa 5S:n neljä muuta vaihetta tehtaan tavalliseksi, jokapäiväiseksi toiminnaksi.

5S-työkalun viimeisenä vaiheena on järjestelmän ylläpito. Ylläpitovaiheessa varmistetaan, että kaikki tarpeellinen on vakioitu ja työntekijät ovat ymmärtäneet vaadittujen toimenpiteiden tärkeyden. Tällä pyritään siihen, että jokainen työntekijä tietää, miten omalla toiminnallaan voi ylläpitää ja kehittää työpistettään. Johto voi asettaa soluille omat vuositteiset 5S-tavoitteet, joita 5S –auditoinneissa käydään läpi. Ylläpidon avaintekijöitä ovat työntekijöiden motivointi ja johdon asenne 5S -periaatteita ja jatkuvaa parantamista kohtaan. Jos johto hyväksyy ohjeistuksen laiminlyönnin, työntekijät olettavat, että se on sallittua. Tämän vuoksi on tärkeää pitää säännöllisiä auditointeja työpisteillä 5S -ohjelmaa ja ohjeistuksien noudattamista silmällä pitäen. Kurinalainen ylläpito pitää rakennetun toimintatavan hyödyt voimassa ja hyvistä tuloksista palkitseminen pitää työntekijät motivoituneena. (Tuominen 2010, s. 25-76, Chapman 2005, s.27-30, Teknolוגiateollisuus 2001, s.6-16)

5. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä luvussa kerrotaan, millä tavoin tutkimuskysymyksiin etsittiin vastauksia. Luvussa selvennetään mitä menetelmiä tutkimuksessa käytettiin, ja mitä aineistoja on käytetty.

5.1 Tutkimusstrategia

Tutkimustyyppit voidaan jakaa kvalitatiivisiin eli laadullisiin ja kvantitatiivisiin eli määrällisiin tutkimuksiin. Näillä tarkoitetaan erilaisia lähestymistapoja, joilla tutkittavaa aineistoa voidaan kerätä. Kvalitatiivisella tutkimuksella tarkoitetaan tutkimusta, jossa tarkastellaan tutkimuskohdetta kokonaisvaltaisesti eri näkökulmista esimerkiksi henkilöiden mielipiteitä hyväksi käyttäen. Aineiston lähteenä suositaan usein ihmisiä ja havainnointia, ja tiedonkeruu tapahtuu elävissä tilanteissa. Teorian tai hypoteesin asettamista ei pidetä niin tärkeänä kuin määrällisessä tutkimuksessa, vaan aineiston laajempi ja monitahoinen tarkastelu ovat tärkeämmässä roolissa. Kvantitatiivisella tutkimuksella tarkoitetaan tutkimusta, jossa käytetään laskennallisia, esimerkiksi tilastollisia menetelmiä. Aineiston keruu tapahtuu siten, että tulokset ovat mitattavissa määrällisesti, esimerkiksi haastattelun tai kyselyn avulla. Tällöin vastaukset saadaan esitettyä taulukkomuodossa, ja aineisto voidaan analysoida tilastollisin menetelmin. Tutkimustyyppit eivät ole kuitenkaan toisiaan poissulkevia, vaan niitä voidaan käyttää myös yhdessä.

Tapaustutkimus on tutkimustyyppi, jonka tutkimuskysymysten selvittämiseen voidaan käyttää niin kvalitatiivista kuin kvantitatiivistakin menetelmää. Tapaustutkimuksessa paneudutaan tapauksiin esimerkiksi osallistuvan havainnoinnin tai kuvien kautta, pohditaan eri näkökulmia sekä tehdään niiden kautta uusia havaintoja aiheesta. Tapaustutkimuksen aineistoa voidaan kerätä useilla eri menetelmillä, joista tavallisin on teemahaastattelu. (Hirsijärvi & Hurme 2007) Tämän tutkimuksen tutkimustyyppi on tapaustutkimus, joka on toteutettu laadullisen, eli kvalitatiivisen tutkimuksen keinoja hyödyntäen. Tutkimuskysymyksiin vastaaminen edellyttää havainnointia, jonka muuttujat ovat numeerisesti haastavaa mitata. Näin ollen pelkästään kvantitatiivinen tutkimus osoittautui vaikeaksi toteuttaa. Tutkimuskysymysten ollessa mallia ”miten” ja ”miksi” sekä tutkimuksen sijoituessa tosielämään, on perusteltua käyttää tapaustutkimusta tutkimusstrategiana. (Ghauri & Grønhaug 2010, s. 110)

5.2 Haastattelututkimus

Tutkimushaastattelutyyppeiden välillä on jonkin verran eroja. Erot syntyvät haastattelujen strukturointiasteen perusteella, eli riippuen siitä, miten tarkasti haastattelukysymykset on

määriteltä, ja miten paljon haastattelija muokkaa niitä tilanteen mukaan. Erilaisia haastattelumenetelmiä ovat esimerkiksi strukturoimaton haastattelu, puolistrukturoitu haastattelu, teemahaastattelu, syvähaastattelu sekä kvalitatiivinen haastattelu. Vapaamuotoisen avoimen haastattelututkimuksen toinen ääripää on strukturoitu haastattelu, jossa kysymyksien muotoa tai järjestystä ei muuteta, esimerkiksi kuten lomakehaastatteluissa. Lomakehaastattelujen ulkopuolelle jäävät haastattelutyypit voidaan siis luokitella puolistrukturoituihin ja strukturoimattomiin haastatteluihin. (Hirsjärvi & Hurme 2009, s.43-48)

Strukturoimattomia haastatteluja ovat muun muassa avoimet haastattelut, syvähaastattelut ja kliiniset haastattelut. Näissä haastattelijan päätehtävänä on syventää haastateltavan antamia vastauksia, ja viedä haastattelua eteenpäin niiden avulla. Haastateltavat ovat yleensä ennalta valittuja ja haastattelut syvällisiä ja perinpohjaisia. (Hirsjärvi & Hurme 2009, s.43- 48) Hirsjärvi ja Hurme kutsuvat kirjassaan puolistrukturoitua haastattelua teemahaastatteluksi. Puolistrukturoidulla haastattelulla tarkoitetaan haastattelua, jossa kysymysten muoto on kaikille haastateltaville sama, mutta kysymysten järjestystä voidaan vaihdella ja vastaukset voidaan ilmaista omin sanoin. Teemahaastattelu on yleinen puolistrukturoitu haastattelumuoto, mutta se eroaa jonkin verran muista tutkimushaastattelutyypeistä. Siinä haastateltavat ovat kokeneet jonkin heitä yhdistävät tilanteen, johon haastattelija on jo ennalta perehtynyt. Tämän perusteella haastattelija laatii tutkimusrungon, jonka mukaan haastattelu etenee. Teemahaastattelu on kohdennettu tiettyihin teemoihin, jotka ovat kaikille haastateltaville samat ja joiden varassa haastattelu etenee eteenpäin. Haastateltaville esitettävien kysymysten ei kuitenkaan tarvitse olla samoja, vaan niitä voidaan teeman mukaan muodostaa haastattelun ohessa. (Hirsjärvi & Hurme 2009, s.43- 46, Hyvärinen, Nikander & Ruusuvuori 2017, s.46-56)

Tutkimuksessa käytetyt tiedonkeruumenetelmät ovat haastattelu, tuotannon havainnointi sekä työn alussa tehty kirjallisuuskatsaus. Haastattelutyyppi oli luonteeltaan puolistrukturoitu teemahaastattelu, johon oli aiempien tuotannon havaintojen perusteella laadittu haastattelurunko. Haastattelujen teema koski tuotannonohjauksen nykytilaa ja siinä havaittuja ongelmia, sekä toivottuja kehityskohteita. Haastattelut kirjattiin muistiinpanoihin, joista laadittiin myöhemmin tarkemmat raportit. Teemahaastattelut toteutettiin kohdeyrityksen tiloissa, ja niiden kestot vaihtelivat tunnista kahteen tuntiin. Haastattelujen runko on esitetty liitteessä B. Tutkimuksessa haastateltiin kolmea työnjohtajaa, kehityspäällikköä ja tuotantojohtajaa. Kohdehenkilöt valikoituivat haastateltaviksi heidän omaavan laajan tuotannonohjauskokemuksen perusteella. Haastattelut olivat keskustelunomaisia, ja avoimen kysymysrunгон vuoksi vastauksetkin vaihtelivat haastateltavien välillä. Tuotannonohjauksen näkökulmaerot työnjohtajien ja tuotannonjohdon välillä tulivat hyvin esille haastattelujen edetessä. Vastauksista oli kuitenkin löydettävissä useampia asioita, jotka tulivat ilmi monissa haastattelussa.

5.3 Tuotannon havainnointi

Havainnointi tutkimusmenetelmänä tarkoittaa ihmisten, koneiden ja laitteiden katselua ja käyttäytymistä tietyissä tilanteissa, joiden kautta on mahdollista oppia ja saada analyytinen tulkinta aiheesta. Havainnoinnin etuna on aineiston kerääminen luonnollisessa ympäristössä, jolloin havainnoitsijan on mahdollista ymmärtää henkilöiden tai laitteiden käyttäytymistä tarkemmin kuin pelkkien haastattelujen perusteella. Ghauri & Grønhaug kuitenkin toteavat havainnoinnin haittapuolena olevan havainnoista saatavan informaation vaikean muokkaamisen tieteellisesti hyödylliseen muotoon. Havainnointia suoritettaessa havainnoinnin kohteena olevien henkilöiden tulee tietää olevansa havainnoinnin kohteena. Havainnoitsija voi kuitenkin olla osana tilannetta tai täysin ulkopuolinen, esimerkiksi seuraamalla vain videota. Haasteena on kuitenkin tutkittavien tilanteiden valmistelu, jolloin tutkimustilanne ei vastaa normaalia. Havainnointia suorittavan tutkijan onkin tärkeää pystyä analysoimaan tutkittavan tilanteen aitoutta. Työntekijöitä havaitessa on selvemmin nähtävissä, mihin työhön todellisuudessa työaika kuluu, mikä usein poikkeaa siitä, mitä esimerkiksi työnjohto olettaa heidän tekevän. (Ghauri & Grønhaug 2010, s. 115-119)

Tutkimuksessa yhtenä tutkimusmenetelmänä on käytetty osallistuvaa havainnointia. Työn empiirisessä osassa havainnoidaan kohdeyrityksen tuotannonohjauksessa esiintyviä ongelmakohtia ja tutkitaan niihin johtavia tekijöitä. Käytännössä havainnointi toteutettiin tuotannonohjauksen nykytilaa tutkimalla, ja analysoimalla sitä arvovirta kartan avulla. Tuotannonohjaukseen liittyy merkittävästi myös tuotantokoneiden asetusajat, joita havainnoitiin kahdella tutkittavalla tuotanto-osastolla.

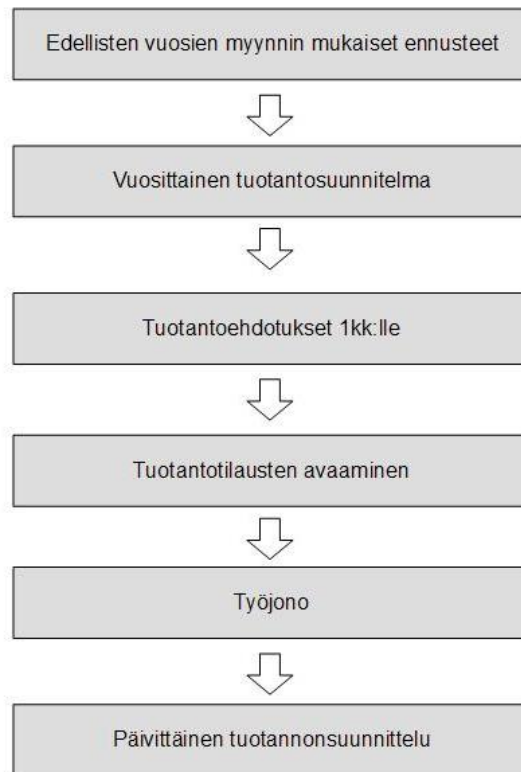
6. TUOTANNONOHJAUKSEN NYKYTILA

6.1 Kohdeyrityksen tuotanto

Diplomityön kohdeyrityksenä toimii kotimainen siivous- ja autonhoitotarvikkeita valmistava yritys. Kohdeyritys valmistaa suurimman osan tuotteistaan itse omalla tehtaallaan. Alihankintana saapuu muun muassa tuotteissa käytettävät metalliosat ja harjasmateriaalit. Tehtaan tuotanto on jaettu kolmeen tuotanto-osastoon: Muoviosien tuotanto, harjastettavien osien tuotanto ja tuotteiden kokoonpano-osasto. Jokaisella tuotanto-osastolla on oma työnjohtaja, joka suunnittelee ja aikatauluttaa oman osastonsa tuotannon. Yrityksellä on käytössä ERP- toiminnanohjausjärjestelmä, jota käytetään tuotannon, hankinnan ja myynnin hallintaan. Osa yrityksen tuotteista on ostotuotteita, jotka hankintaosasto tilaa myyntipäällikön laatiman vuosiennusteen ja tuotannon tarpeen mukaan.

6.2 Tuotannonohjauksen nykytila

Yrityksen tuotannonohjaus perustuu aikaisempien vuosien myynnin mukaan tehtyihin vuosittaisiin ennusteisiin. Tuotteiden myyntiennusteet on jaettu kuukausittain tuotanto-suunnitelmaan, jonka perusteella tuotannonohjausjärjestelmän tarvelaskenta määrittelee karkeat tuotantoehdotukset aina kuukaudeksi eteenpäin. Tarvelaskenta huomioi ennusteen lisäksi myös varastosaldot, myynti- ja ostotilaukset sekä jo avoinna olevat tuotantotilaukset. Tuotannonohjausjärjestelmä laskee suunnitelman mukaan tarpeen myös puoli-valmisteille ja raaka-aineille, joiden valmistusimpulssi saadaan ennusteisiin pohjautuvasta suunnitelmasta. Tuotanto-osastojen työnjohtajat käyvät läpi oman osastonsa tuotantoehdotukset, ja valitsevat ehdotettujen päivämäärien ja varastosaldojen mukaan hyväksyttävät tuotantotilaukset. Hyväksytyt tuotantotilaukset siirtyvät järjestelmän työjonoon, jota hyödyntäen työnjohtajat laativat osastoilleen päivittäisen tuotantosuunnitelman.



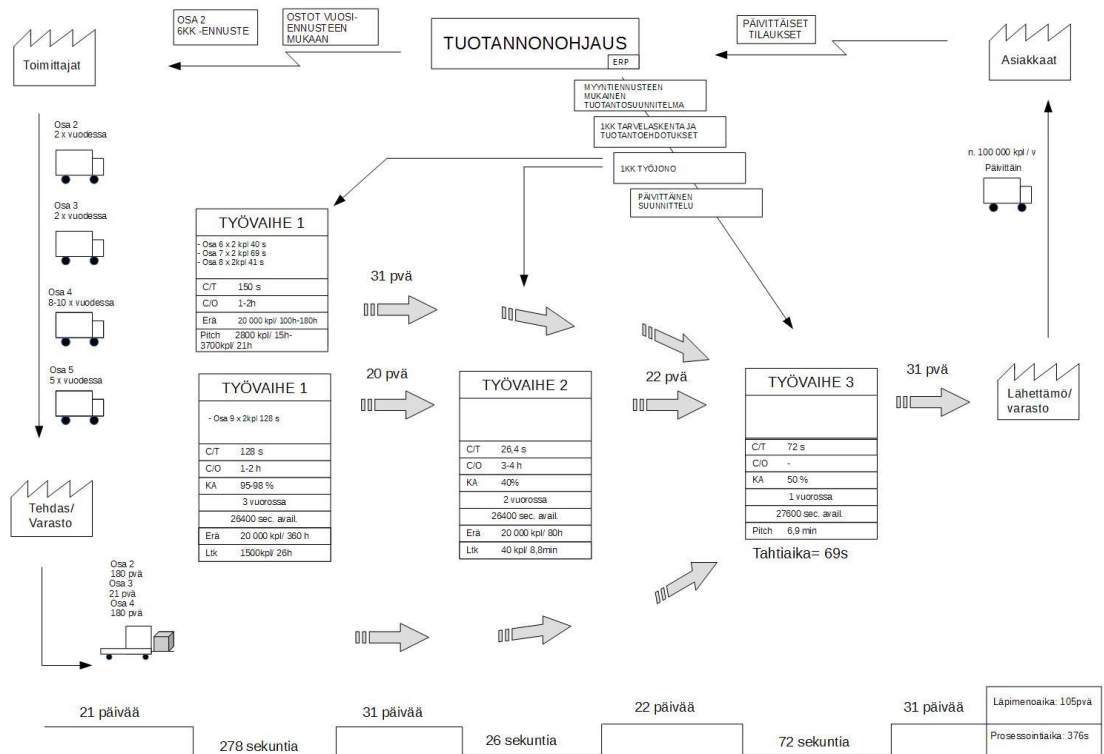
Kuva 5. Tuotannonohjauksen nykytila

6.3 Arvovirtakartta

Arvovirtakartan avulla voidaan havainnollistaa yrityksen tilaus-toimitusketjun nykytila selkeästi kaikkien näkyville. Kehitysprojekti aloitettiin valitsemalla pilottituote, jonka tilaus-toimitusketjusta luotiin alla olevassa kuvassa sekä liitteessä 1. oleva arvovirtakartta. Tuotteeksi valikoitui yksi yrityksen tärkeimmistä tuotteista, jonka valmistusprosessi vaatii tehtaan jokaista tuotanto-osastoa. Tuotteen tilaus-toimitusketju vastaa monelta osin valtaosaa yrityksen tuotteista, minkä vuoksi valitun pilottituotteen avulla oli mahdollista saada kattava kuva yrityksen tilaus-toimitusketjun sekä tuotannonohjauksen tilasta. Arvovirtakartasta on työn julkisuuden vuoksi jätetty pois tuotteet ja työvaiheet, mutta kokonaiskuva tuotteen tilaus-toimitusketjusta on nähtävissä.

Arvovirtakarttaan on kuvattu materiaali- ja informaatiovirrat aina raaka-ainetoimittajilta asiakkaille asti. Pilottituotteen raaka-aineita saapuu tehtaalle useampia kertoja vuodessa. Näiden raaka-aineiden todelliset tarvepäivät on tutkittu ja karttaan merkattu tuotteiden varastossa oloajat ennen ensimmäiselle työvaiheelle pääsyä. Pilottituote käy valmistus-

prosessin aikana läpi tehtaan kaikki kolme tuotanto-osastoa, joiden yksityiskohtaiset valmistustiedot ovat kuvattuna kartassa. Osien työvaiheiden väliset varastointiajat on merkattu nuolilla työvaiheiden välille. Kolmannen työvaiheen jälkeen tuote on valmis kuljettavaksi varastoon, josta tuotetta toimitetaan päivittäin asiakkaille.



Kuva 6. Pilottituotteen nykytilan arvovirtakartta

Tuotannonohjaus ja informaatiovirrat on piirretty kartan yläosaan kuvaamaan toiminnanohjauksen kulkua aina vuosiennusteisiin perustuvasta hankinnasta tuotteen valmistumiseen asti. Kaikki valmistusprosesseihin liittyvä data on kuvattu työvaiheiden laatikoissa. Jokaisen työvaiheen C/T eli cycle-time ja C/O eli asetusaika kelloitettiin, jolloin työvaihe 2:lla havaittiin olevan pisin asetusaika. Myös prosessien käyttöaste, tyypilliset eräkoot ja pitch-time kuvattiin karttaan. Viimeisen työvaiheen, jossa tuote kootaan valmiiksi, tahtiajaksi saatiin 69 sekuntia. Arvovirtakartan alareunaan piirretty jana kuvaa yhden tuotteen läpimenoaika, joka kuluu raaka-aineiden saapumisesta aina valmiin tuotteen toimitukseen asti. Jokaisen työvaiheen prosessointiaika, eli aika jolloin asiakkaalle tuotetaan arvoa, on laskettu janaan mukaan. Tuotteen kokonaisprosessointiajaksi saatiin 376 sekuntia, kun taas läpimenoaika oli jopa 105 päivää. Valitun pilottituotteen valmistusprosessia kuvaavat arvot vaihtelevat tuotannon resurssien mukaan, mutta etenkin työvaiheiden välisiä varastointiaikoja kuvaavat arvot ovat pitkälti samoja monella muullakin tuotteella.

Tuotannonohjausta kehittämällä ja tehokkaammalla suunnittelulla voidaan vaikuttaa keskeneräisen tuotannon varastointiaikoihin, ja esimerkiksi asetusaikoja pienentämällä täsmentää eräkokoja pienemmiksi.

6.4 Nykyisen toimintatavan ongelmat

Tuotannonohjauksen perusteena käytettävä ennusteisiin pohjautuva suunnitelma ei aina täysin vastaa todellisuutta, jonka vuoksi osastojen työnjohtajat muokkaavat järjestelmän antamia tuotantoehdotuksia oman osaston resursseihin sopiviksi. Tämä aiheuttaa muun muassa ylimääräisiä ja pitkiäkin välivarastoja keskeneräiselle tuotannolle, kun valmistusmäärät ja ajankohdat osastoilla ovat mielivaltaisia. Tuottavuuden ja toimitusvarmuuden varmistamiseksi olisi erittäin tärkeää, että tuotannonohjauksessa olisi käytössä yhteiset selkeät toimintatavat, joiden mukaan jokainen valmistava tuotanto-osasto toimisi.

Kuukausittaisten työjonoon hyväksytyjen tuotantotilausten valmistusmäärät ja ajankohdat ovat järjestelmässä määritelty valmiiksi, mutta niiden mukaan tuotantoa ei suunnitella. Työjonon koetaan ajoittavan tuotantotilaukset liian aikaiseksi, paljon ennen niiden todellista tarvetta. Työjono ei myöskään elä tuotantotilausten valmistumisen mukana, jolloin esimerkiksi kriittisimmät tilaukset eivät päivitty työjonon kärkeen. Samalla työpisteellä valmistettaville tuotteille voi mahdollisesti olla ajastettuna useampi työ samoille päiville, sillä järjestelmä ei tiedä, mitä resursseja kuhunkin työhön vaaditaan. Työntekijät käyttävät työjonoa ainoastaan sillä hetkellä, kun he kirjaavat valmistuneet tuotteet nimikkeelle. Työnjohtajilta kuluu tuotannonsuunnitteluun valtavasti aikaa, koska tuotantotilaukset muokataan käytännössä manuaalisesti kullekin osastolle sopivaksi. Tällöin työnjohtajat käyvät jokaisen nimikkeen kohdalla läpi varastosaldot, myyntitilaukset ja kuukausiennusteet, ennen kuin avaavat lopulliset tuotantotilaukset työjonoon.

Tuotannon manuaalinen ohjaaminen ja toimintatapojen osastokohtainen vaihtelu ovat johtaneet siihen, että varastossa on usein vääriä tuotteita ja puolivalmisteita väärään aikaan. Kun tuotantoa ohjataan hajautetusti käsin, esiintyy usein epäselvyyksiä ja tilanteita, jolloin varastosta lähtevät tuotteet tai tarvittavat puolivalmisteet pääsevät loppumaan. Puolivalmisteita saatetaan myös ajaa varastoon monen kuukauden tarpeet kerralla, mikä taas lisää hukkaa ja kasvattaa varastoon sitoutunutta pääomaa. Myös koneiden pitkät asetussajat vaikuttavat tuotannon ohjaamiseen, sillä tuotannon karkeasuunnittelu tehdään vain kuukaudeksi kerrallaan, jolloin tuotteiden valmistuksen sovittaminen sen hetkisiin resursseihin on haastavaa.

Tuotannonohjaus yrityksessä on työlästä ja usein ajaudutaan tilanteeseen, jolloin on jo kova kiire valmistaa tuotetta. Tuotantoa ohjataan pitkälti työntöohjauksella, sillä impulssi valmistaa esimerkiksi puolivalmisteita, tulee osittain ennusteisiin pohjautuvasta suunnitelmasta, eikä päätuotteen tarvitsemasta todellisesta tarpeesta. Monilla puolivalmisteilla ja osakokoonpanoilla on myös korkeat tilauspisteet tuotannonohjausjärjestelmässä. Tämä

tarkoittaa, että impulssi valmistaa tuotetta voi tulla myös järjestelmän tilauspisteen alituksesta. Tällöin varasto imee osia imuohjautuvasti, mutta itse päätuotteella ei välttämättä ole niille vielä tarvetta. Tämä taas kasvattaa varastoja, mutta eri tuotanto-osastot eivät tiedä, onko tuotteille jokin oikea tarve. Tämä vaikeuttaa osastojen tuotannonsuunnittelua, koska yhteiset toimintatavat ja ohjausmenetelmät puuttuvat.

7. TUOTANNONOHJAUKSEN KEHITTÄMINEN

Haastattelujen ja nykytilan arvovirtakartan pohjalta työn tavoitteeksi nousi tuotannonohjauksen toimintatapojen kehittäminen ja vakioiminen, turhan kiireen poistaminen sekä tuotannon virtauksen vieminen imuohjautuvaan suuntaan. Nykytilan kartoittamisen jälkeen aloitettiin kehitystoimien suunnittelu. Kehitystoimiin ryhdyttiin tutkimalla tuotannonohjauksessa ilmenneiden ongelmien syitä, joita kehittämällä voitaisiin helpottaa ja selkiyttää tuotannonohjausprosessia. Korkean toimitusvarmuuden ylläpitäminen on kohdeyritykselle tärkeää, mikä tuli ottaa huomioon kaikkia kehitysvaihtoehtoja ja varastoon sitoutuneen pääoman pienentämistä pohdittaessa.

7.1 Tuotannon valmistusehdotukset

Yrityksen tuotannossa tuli usein kiire, mikäli puolivalmisteita ei ollut riittävän ajoissa saatavilla, tai tuotteita pääsi loppumaan varastosta. Lisäksi joidenkin tuotteiden kuukausimenekit vaihtelevat suurestikin sesongin mukaan, mikä osaltaan lisäsi tuotannonohjauksen haastavuutta. Tätä ongelmaa helpottamaan kaivattiin aiempaa parempaa mahdollisuutta suunnitella tuotannon aikataulua etukäteen. Tähän asti järjestelmän antamat tuotantoehdotukset oli ajettu ja lisätty tuotannon työjonoon aina kuukaudeksi eteenpäin, jolloin jokainen valmistusosasto aikataulutti oman tuotantonsa sen mukaan. Kuukauden suunnitelman sijasta päätettiin tuotantoehdotukset laatia jatkossa aina kolmeksi kuukaudeksi eteenpäin. Koska tuotannon valmistusehdotukset pohjautuvat ennalta määritettyyn vuosiennusteeseen, pidemmän aikavälin suunnitelma oli mahdollinen. Kun tuotantoa alettiin suunnitella ja aikatauluttaa pidemmälle, etenkin puolivalmisteiden ohjaus, joiden valmistaminen vaati isoja eräkokoja ja pitkiä asetusajoja, helpottui. Työnjohtajat näkivät nyt selkeämmin mihin tuotteiden tai puolivalmisteiden valmistusehdotus pohjautui ja osasivat ajoittaa ne tarkemmin todellisille tarvepäiville. Nyt myös hankintaosasto sai hyvissä ajoin impulssin tilata tarvittavia osia, mikäli avattujen tuotantotilausten tarpeet poikkeasivat määritellystä vuosiennusteesta.

Työjonon koettiin ajoittavan tuotantotilaukset paljon todellista tarvepäivää aiemmaksi. Haastateltaessa työnjohtajia tuotannonohjauksen toimintatavoista, havaittiin eroja tuotantoehdotusten muodostuksessa käytettävän laskentajakson käytössä. Tuotantoehdotusten laskentajakso tarkoittaa jaksoa päiviä, jonka aikana valmistettavat nimikkeet yhdistetään yhdeksi tuotantotilaukseksi. Jos laskentajakso olisi esimerkiksi 7, yhdistäisi se yhden nimikkeen seitsemän päivän tarpeet yhteen, ja asettaisi niille kaikille tarvepäiväksi kyseisen viikon ensimmäisen päivän. Haastatteluissa selvisi, että osa työnjohtajista oli käyttänyt laskentajaksona 28 päivää, ja osa jopa 48 päivää. Tällöin tuotantotilausten eräkoot saattoivat kasvaa jopa kahden kuukauden tarvetta vastaavaksi määräksi, joka myös aiheutti

sen, että tuotantotilausten tarvepäivät ajoittuivat pahimmillaan jopa 48 päivää ennen todellista tarvetta. Näin ollen työjonossa olleet tuotantotilaukset eivät pysyneet todellisen tarpeen mukaisessa järjestyksessä, mikä hankaloitti tuotantotilausten priorisointia työjonossa.

Tuotantoehdotusten laskentajaksoa testattiin eri pituisilla jaksoilla, ja lopulta päädyttiin käyttämään laskentajaksona yhtä päivää. Koska vuosittain tehtävä tuotantosuunnitelma on määritetty laukeamaan aina jokaisen kuukauden ensimmäisenä päivänä, on yhden päivän laskentajaksoa mahdollista käyttää. Tällöin välttyään siltä, että tuotantoehdotukset muodostuisivat monen kuukauden tarpeita vastaavista määristä.

7.2 Kohti imuohjautuvaa tuotantoa

Haastatteluissa pohdimme jokaisella osastolla ilmenneiden työjonoon ja tuotantoehdotuksiin liittyvien ongelmien juurisyitä, joita lähdimme selvittämään tuotannonohjausjärjestelmän tarvelaskentaan liittyvien tuotekohtaisten nimiketietojen pohjalta. Tuotteiden nimiketiedot koostuvat tuotannolle ja hankinnalle tehtävistä määräyksistä, kuten nimikkeen minimivalmistusmäärästä, tilauspisteestä sekä valmistus- ja puskuriajasta. Nimiketietoja tutkittaessa kiinnitettiin huomiota erityisesti nimikkeiden minimivalmistusmääriin ja tilauspisteisiin, joiden luvut vastasivat monen kuukauden valmistusmääriä. Etenkin puolivalmisteilla havaittiin olevan korkeat tilauspisteet, ja minimivalmistusmäärät vastasivat usein jopa puolen vuoden tarvetta. Korkeat tilauspisteet puolivalmisteilla tarkoittivat suuria varastoarvoja, sillä kun tuotannonohjausjärjestelmä näki, että tulevaisuudessa tullaan menemään tilauspisteen alapuolelle, loi se välittömästi tuotantoehdotuksen nimikkeelle, vaikka todellisuudessa päätuotteella ei vielä tällaista tarvetta olisi ollut. Lisäksi minimivalmistusmäärän vastatessa monen kuukauden tarvetta, hankaloitti se tuotannon resurssien ohjaamista ja aikataulutusta enemmän. Nimiketietojen määräyksille ei ollut selkeää linjaa, vaan niiden käyttö vaihteli osastoittain. Osa työnjohtajista ei ollut juurikaan muuttanut tietoja, ja osa taas muutteli niitä sitä mukaan, miten oman osaston resurssit vaihtelivat.

Tuotannonohjausta pyrittiin viemään imuohjautuvaan suuntaan. Tällöin puolivalmisteiden tilauspisteet ja minimivalmistusmäärät tulisivat olla mahdollisimmat pienet, jotta valmistusimpulssi tulisi vain päätuotteelta, eli vain tuotteiden todelliseen tarpeeseen. Tällä ajatuksella lähdimme muokkaamaan nimiketietoja tarvelaskentaa varten. Kaikille puolivalmisteille, jotka valmistetaan harjaosastolla, määritettiin tilauspisteeksi 0. Kaikki osastolla harjastettavat tuotteet saavat nyt valmistusimpulssin suoraan päätuotteelta, jolloin varastossa ei enää säilytetä monen kuukauden puolivalmisteita. Puolivalmisteiden minimivalmistusmäärät laskettiin todellista minimimäärää vastaavaksi, mikä tarkoitti kullakin koneella tehtävien erien pienintä eräkokoja, jolla tuotetta kannattaa alkaa valmistaa. Muoviosastolla valmistettavien puolivalmisteiden tilauspisteiksi asetettiin myös 0. Tällöin

osastolla valmistettavien tuotteiden valmistusimpulssi tulee suoraan joko harja- tai kokoonpano-osastolta, riippuen valmistettavasta tuotteesta. Myös minimivalmistusmäärät laskettiin vastaamaan todellista minimierää, jota koneilla kannattaa alkaa valmistaa.

Kokoonpano-osastolla valmistettavat valmisteet saavat valmistusimpulssin vuosittain tehtävästä suunnitelmasta. Koska 100% toimitusvarmuus on yritykselle erittäin tärkeää, määriteltiin tuotteille tilauspisteiksi 1 kuukauden – 2 kuukauden saldoja vastaava määrä, riippuen tuotteen ABC-luokituksesta. Tuotteiden minimivalmistusmäärät laskettiin noin puolen kuun tarvetta vastaavaksi määräksi, koska todellinen valmistusmäärä tulee kuukausittain määrittelystä suunnitelmasta. Näillä puolivalmisteiden nimiketietojen muutoksilla mahdollistettiin tuotannonohjauksen muuttaminen imuohjautuvampaan suuntaan. Näin puolivalmisteita valmistavat osastot valmistavat vain todelliseen tarpeeseen, ja tuotteiden varastossa oloajat pienenivät, pienentäen samalla myös niistä aiheutunutta hukkaa.

7.3 Asetusaikojen pienentäminen

Tuotannonohjauksen kehityksessä oli otettava huomioon myös eräkoot. Etenkin puolivalmisteiden eräkoot olivat olleet suuria, ja valmistusta aikataulutettiin isojen valmistuserien perusteella. Lean -periaatteiden mukaisessa tuotannossa eräkoot on laskettu mahdollisimman pieniksi, sillä suurien erien on todettu aiheuttavan hukkaa muun muassa turhalla varastoinnilla ja laatuvirheiden piilottamisella. Usein suuria eräkokoja suositetaan pitkien asetusaikojen vuoksi. Tätä varten on kehitetty SMED -analyysi, jonka avulla tutkitaan mahdollisuuksia lyhentää ja tehostaa asetusaikoja. Pienempiin eräkokoihin tähdättiin myös kohdeyrityksessä, jonka vuoksi muovi- ja harjaosastolla tutkittiin koneiden asetusaikoja SMED -menetelmää hyödyntäen.

Molemmilla osastoilla muotinvaihtoa lähdettiin analysoimaan havainnoimalla pilottikoneiden asetusten vaihtoprosessia, kellottamalla eri toimintoihin kuluvaa aikaa sekä tutkimalla prosessin ulkoisia ja sisäisiä toimintoja. Tavoitteena oli löytää ratkaisuja, joilla mahdollisimman moni sisäinen toiminto voitaisiin siirtää ulkoiseksi, eli tehtäväksi silloin, kun kone on vielä käynnissä. Muoviosastolla muotinvaihtoja oli jo aiemmin jonkin verran tehostettu, ja keskimääräinen asetusaika vaihteli yhdestä kahteen tuntiin. Harjaosastolla vastaavat lukemat saattoivat venyä jopa kolmesta kahdeksaan tuntiin. Taulukkoon 1 on listattu muoviosaston muotinvaihdon vaatimat tehtävät pääpiirteittäin suoritusjärjestyksessä. Jokaisen toiminnon eteen on määritelty toiminnon tyyppi, johon toiminto kuuluu. Vanhan asetuksen purku on toimenpide numero 1, työkalujen ja materiaalien haku 2, uuden asetuksen asennus 3, huoltotoimenpiteet 4 sekä testiajot 5. Taulukkoon 2 on kirjattu harjaosaston asetuksenvaihdon toimenpiteet samalla periaatteella. Kuhunkin toimintoon kuluva aika on kirjattu minuutteina toiminnon perään sekä ulkoinen ja sisäinen toiminto sen mukaan, onko toiminto tehty koneen ollessa käynnissä vai sammutettuna.

Taulukko 1. Muoviosaston muotinvaihdon toimenpiteet

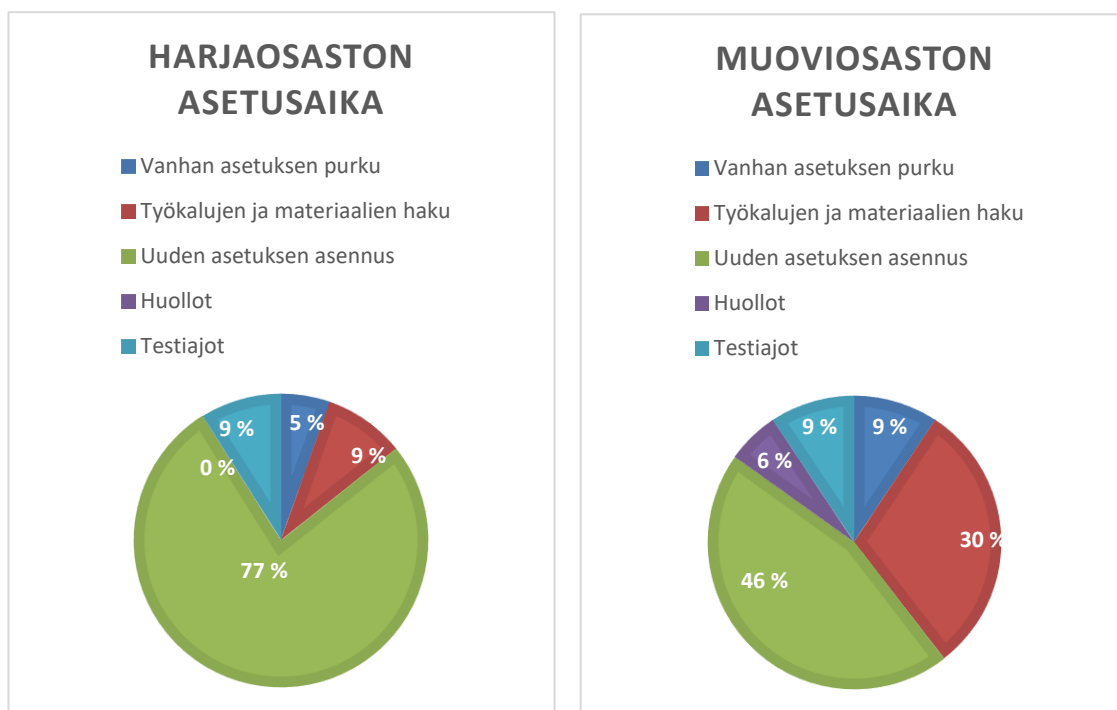
Tyyppi	Työvaihe	Aika	Ulkoinen	Sisäinen
	Koneen sammutus			
2	Muotinvaihtokärryn hakeminen	1		x
1	Vesipiirien tyhjentäminen ja letkujen poisto	4		x
2	Nosturin haku	2		x
1	Nosturin kiinnittäminen ja poiston valmistelu	3		x
2	Vanhan muottilavan haku	2		x
2	Uuden muotin haku	2		x
1	Muotin pois nostaminen	1		x
4	Muotin putsaus ja ruosteenesto	5		x
3	Uuden muotin asettaminen paikalleen	8		x
2	Muottilavojen poisvienti	2		x
3	Muotin asetusten muutokset	3		x
2	Soviterenkaan mittaus ja haku	3		x
2	Työntötapin mittaus ja haku	2		x
2	Muiden työvälineiden haku	2		x
2	Raaka-aineiden haku	3		x
3	Raaka-aineiden laitto	10		x
2	Muotin letkujen valinta ja haku	3		x
3	Muotin letkujen kiinnitys	5		x
3	Koneen ohjelman vaihto ja asetukset	6		x
2	Kuljettimien ym. haku ja asettaminen	3		x
3	Tarttujarobotin imukuppien vaihto	2		x
3	Värin poistaminen	5		x
5	Tuotteen testiajot	8		x
2	Muotinvaihtokärryn poisvienti	1	x	
Yhteensä		86 min		

Suurin osa muoviosaston muotinvaihtoon vaadittavista toimenpiteistä olivat sisäisiä asetuksia, eli toimenpiteet tehtiin koneen ollessa sammutettuna. Muoviosastolla on käytössä muotinvaihtokärri, jossa säilytetään muotinvaihtoon tarvittavia työkaluja. Muotinvaihtokärri helpottaa työskentelyä huomattavasti, sillä työkalut ovat valmiina järjestyksessä, eikä työkalujen etsimiseen kulu sisäistä asetuksenvaihtoaikaa. Muiden materiaalien valintaan ja hakuun kului silti jopa 30% asetuksenvaihtoaikaa, joka voitaisiin säästää hakeamalla kaikki tarvittavat osat jo valmiiksi koneen lähettyville. Työskentelyaikaa muottien parissa oli tehostettu, mutta tarvittavien laitteiden ja materiaalien haku ennen koneen sammutusta lyhentäisi muotinvaihtoon kuluva sisäistä asetusajaa jo tuntuvasti.

Taulukko 2. Harjaosaston muotinvaihdon toimenpiteet

Tyyppi	Työvaihe	Aika	Ulkoinen	Sisäinen
	Koneen sammutus			
1	Edellisen robotin poisvienti	6		x
2	Edellisen tuotteen osalaatikon haku	1		x
2	Ohjekansion haku	1		x
3	Ohjelman vaihto ja asetukset koneelta	5		x
2	Mittojen haku ohjekansiosta	1		x
3	Mittatulkin mittojen asettaminen	1		x
2	Uuden tuotteen osalaatikon hakeminen	1		x
2	Mittojen haku ohjekansiosta	1		x
3	Kiinnityspitimien säätäminen ja mittaus	25		x
2	Testikappaleen haku	1		x
3	Keskipalan kääntäminen oikeinpäin	3		x
3	Trimmerien vaihto	15		x
3	Hakukappaleen mittaus ja asennus	5		x
2	Mittojen haku ohjekansiosta	1		x
3	Mittojen asettaminen harjastimeen	20		x
3	Karvan levittäjien vaihto	5		x
3	Karvatelineiden korkeuden mittaus ja asetus	5		x
2	Mittojen haku ohjekansiosta	1		x
3	Tukilevyjen mittaus kohdilleen	2		x
5	Testiajo ja säädöt	10		x
2	Tavaroiden poisvienti	2	x	
Yhteensä		112 min		

Harjaosaston muotinvaihdossa työkalujen, tarvittavien tietojen ja mittojen etsiminen vei sisäistä asetusaikaa, kun asetuksenvaihdon parista jouduttiin poistumaan useaan kertaan materiaaleja haettaessa. Uuden asetuksen asennus vaati paljon mittauksia ja useita säätöjä, jotta kaikki pitimet saatiin tarkasti oikeille paikoilleen. Harjakoneen trimmerien vaihdossa kului ylimääräistä aikaa, koska testikappaleen pysyvyydessä oli ongelmia. Myöhemmin havaittiin kappaleen olevan epäkurantti, mikä aiheutti turhaa odottelua ja sisäisen asetusajan kulumista. Kaaviosta 2 nähdään kummankin osaston muotinvaihtojen eri vaiheisiin kulunut aika.

Kaavio 1. Harja- ja muoviosaston asetusaikojen eri vaiheisiin kulunut aika

7.4 Kehitysehdotukset asetusaikojen tehostamiseen

Harjaosaston harjakoneen asetuksenvaihdossa havaittiin useita kohtia, joissa materiaalit ja työkalut voitaisiin hakea koneen viereen valmiiksi ennen muotinvaihdon alkua. Asetusten vaihtoa varten hankittaisiin oma liikuteltava työkaluvaunu, johon kaikki asetuksissa tarvittavat työkalut merkitään omille paikoilleen niin, että ne ovat helposti ja nopeasti saatavilla. Ennen muotinvaihdon alkua työkaluvaunuun kerätään edellisen ja uuden vaihdettavan tuotteen osalaatikot, ohjekansio, testikappaleet ja muut asetuksenvaihdossa tarvittavat materiaalit. Tavoitteena on, ettei asetuksenvaihdon aikana tarvitse kertaakaan poistua koneen ääreltä. Tällöin asetuksen sisäinen aika voitaisiin käyttää tehokkaasti, eikä aikaa kulu tavaroiden etsimiseen omista työkalupakeista ja -kaapeista.

Asentajat joutuvat etsimään kaikki asetuksenvaihtoon tarvittavat mitat ja tiedot ohjekansiosista. Ohjekansioon luodaan jokaiselle tuotteelle oma sivu, johon on kerätty kaikki kyseisen tuotteen asetuksenvaihdossa tarvittavat tiedot siinä järjestyksessä, kun niitä vaihdossa tarvitaan. Näin asentaja näkee kaiken yhdeltä sivulta, jolloin ylimääräinen kansion selaamiseen ja oikeiden arvojen etsimiseen käytetty aika vähenee. Lisäksi tämä vähentää sitä riskiä, että asentaja epähuomiossa katsoisi väärän tuotteen kohdalta asetuksen vaatimia tietoja. Ohjekansio tallennetaan myös verkkolevyille, jotta asetuksien tärkeimmät tiedot ja mitat eivät ole vain kyseisen ohjekansion varassa. Lisäksi asetuksessa tarvittavien kiinnityspidikkeiden asennuspala asennetaan helposti väärinpäin, joka aiheuttaa ylimääräistä työtä, kun niitä testataan ja käännellään oikein päin. Jokaiseen asennuspalaan tehdään merkinnät oikealle ja vasemmalle, jotta tältä ylimääräiseltä ja toistuvalla virheeltä

vältyttäisiin. Koneeseen asetettavien runkojen huonon laadun vuoksi koneeseen joudutaan vaihtamaan porausteriä useasti viikossa. Tällöin materiaaleja menee hukkaan, ja sisäinen asetus aika kasvaa. Runkoja valmistavalla työpisteellä otetaan käyttöön laadunvarmistusteline, johon laadunvarmistajat testaavat kappaleita, ennen niiden tuontia harjakoille. Lisäksi työpisteelle saapuvat rungot, jotka asetetaan koneeseen yksitellen, pakataan pienempiin laatikoihin, jotta harjakoneelta poistuu yksi ylimääräinen työvaihe, ja aikaa laadunvarmistukseen jää enemmän.

Muoviosastolla muovikoneiden muotinvaihdon aikana tehtiin useita toimenpiteitä, jotka olisi mahdollista siirtää muotinvaihdon sisäisistä toimenpiteistä ulkoisiksi toimenpiteiksi. Ennen edellisen ajon sammuttamista voidaan hakea uusi muotti koneen viereen, vanhan muotin lava valmiiksi, ajaa muottinosturi koneen lähelle sekä kerätä muotinvaihtokärryyn tarvittavat työkalut ja materiaalit. Muotteihin kuuluvat soviterenkaat, työntötappi ja uuden muotin letkut voidaan hakea valmiiksi muotinvaihtokärryyn, jotta muotinvaihdon aikana koneen vierestä ei tarvitse poistua. Vanhan muotin putsaus ja poisvienti voidaan tehdä vasta sillä välin, kun kone kalibroi uutta muottia. Myös raaka-aineet voidaan hakea valmiiksi ennen koneen sammutusta, jotta niiden täyttö voidaan aloittaa heti muotin asennuksen jälkeen. Lisäksi valmiisiin muovikomponentteihin tarttuva robotti voidaan ajaa valmiiksi alas niin, että tarttumat voidaan vaihtaa sillä aikaa, kun kone käynnistyy. Näillä pienillä muutoksilla voidaan pienentää hukkaa, jota asetusten vaihdossa syntyy.

7.5 Työjono

Yrityksen tuotannonohjauksen hienosuunnittelu laadittiin pitkälti manuaalisesti varastoarvoja ja vuosisuunnitelmaa hyväksi käyttäen. Hienosuunnittelu koettiin työlääksi ja aikaa vievänä prosessina, koska tuotannonohjausjärjestelmän laatimaan työjonoon ei luotettu. Työjonoon hyväksytyt tuotantoehdotukset antoivat osviittaa siitä, mitä tulisi valmistaa, mutta aikataulut, järjestys ja tuotantomäärät eivät vastanneet todellisia tarpeita. Työjonosta haluttiin ottaa kaikki hienosuunnitteluun saatava hyöty irti, jonka vuoksi työjonoa ja sen määrittelyä tutkittiin tarkemmin.

Työjonosta nähdään muun muassa työn laskennallinen aloitus- ja lopetuspäivä, valmistusmäärä ja kuormitusryhmä. Havaittiin, että tuotantotilauksen aloituspäivä määräytyy tuotteen nimiketietoihin määritellyn minimivalmistusmäärän valmistusajan mukaan. Kaikilla nimikkeillä ei valmistusaikaa oltu määriteltä tai aika ei vastannut todellista valmistukseen kuluvaan aikaa. Muun muassa tämän vuoksi useiden työjonossa olevien töiden aloituspäivä oltiin koettu vääräksi. Mikäli kyseessä oli kokoonpano-osastolla valmistettava valmiste, aiheutti se myös vastaavasti puolivalmisteille väärän tarveajankohdan. Jokaisen nimikkeen minimivalmistusmäärän valmistusaika päivitettiin vastaamaan todellista valmistusaikaa, jotta työjonon määrittelemiä aloitus- ja lopetuspäiviä voitaisiin seurata mahdollisimman tarkasti. Työjonon ajoituksia tutkittaessa havaittiin järjestelmän myös ajoittavan samoilla laitteilla valmistettavia tuotteita osittain päällekkäin. Tämä joh-

tui kuormitusryhmistä, jotka kullekin tuotteelle oli määritelty. Tuotannonohjausjärjestelmässä kuormitusryhmiä oli käytetty useaan eri tarkoitukseen, minkä vuoksi niiden ajantasaisuus ja tiedot eivät täysin vastanneet sitä, mitä tuotantotilausten oikein ajoittaminen olisi vaatinut. Kuormitusryhmät päivitettiin laitekohtaisiksi niin, että kaikki samalla laitteella valmistettavat nimikkeet tulevat saman kuormitusryhmän alle. Tällöin järjestelmä ei ajoita samalle laitteelle samanaikaisia valmistuksia enempää, mitä on mahdollista valmistaa. Työjonoa voidaan tarkastella nyt järjestyksessä työn alkupäivämäärän mukaan.

Työjonossa oli useita avoinna olevia tuotantotilauksia, joiden aloitus- ja lopetuspäivät olivat jo kuukausia jäljessä. Osa tilauksista oli jo valmistettu, mutta ne olivat saattaneet jäädä muutaman kappaleen päähän valmistukseen määritellystä kokonaismäärästä. Kaikkia tuotantotilauksia ei siis oltu suljettu, vaikka työ oli saatu valmiiksi. Osaa tuotantotilauksista ei oltu vielä aloitettu, vaan tilaukset pidettiin työjonossa, kunnes sopiva aika valmistukselle tulisi. Tämän havaittiin kuitenkin aiheuttavan ongelmia tuotannonohjausjärjestelmän tarvelaskennassa. Tarvelaskenta ottaa huomioon myös työjonossa olevat avoimet tuotantotilaukset, ja olettaa esimerkiksi myöhässä olevien tilausten valmistuvan lähipäivinä. Tällöin tarvelaskenta odottaa varastoarvojen nousevan muutaman päivän sisällä, koska työjonossa olevien tilausten päivämääriä ei ole ajoitettu eteenpäin tai suljettu. Tämän vuoksi tarvelaskenta ei lähiaikoina ehdota uusia tuotantotilauksia näille tuotteille, vaikka todellinen tarve olisi niitä jo valmistaa. Työnjohtajien toimintatapoja muutettiin niin, että aina työn valmistuessa tuotantotilaus suljetaan. Tilaukset joita ei ole vielä aloitettu, suljetaan ennen tarvelaskennan ajoa, sillä tarvelaskenta analysoi sen hetkisen varastotilanteen, ja ehdottaa uudet tuotantotilaukset sen mukaan. Tällä vähennetään sitä riskiä, että jokin todellisessa tarpeessa oleva tuotantotilaus jäisi tekemättä.

7.6 Toimintatapojen muuttaminen

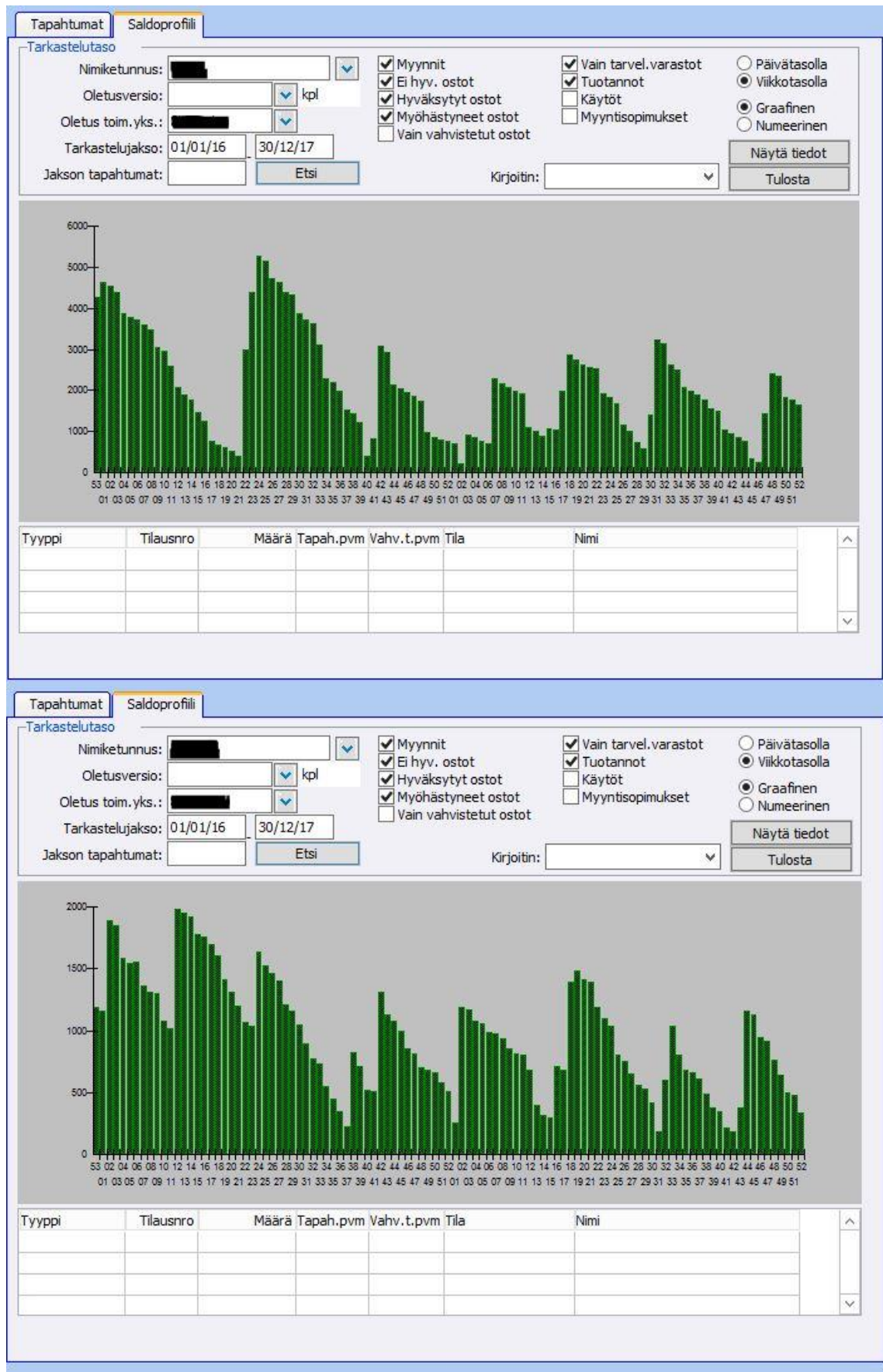
Tuotannonohjaukseen kaivattiin entistä yhtenäisempiä toimintatapoja, joilla hallita valmistuksen suunnittelua. Kohdeyrityksen tuotannonohjaus on toteutettu hajautetusti kolmen työnjohtajan toimesta, jolloin standardoitujen toimintatapojen puute on asettanut haasteita tuotannon ohjaamiselle. Työnjohtajat ajoivat tuotannonohjausjärjestelmän tarvelaskennan usein eri aikaan, mikä aiheutti eroja hyväksyttävissä tuotantotilauksissa. Mikäli puolivalmisteita valmistavan osaston työnjohtaja hyväksyi järjestelmän antamat tuotantoehdotukset ennen, kuin päätuotteita valmistavan kokoonpano-osaston työnjohtaja ehti hyväksyä oman osastonsa tuotantoehdotukset, saattoi puolivalmisteiden valmistamiselle tulla kiire, koska tieto osien tarpeesta saatiin vasta seuraavalla tarvelaskenta -ajolla. Tuotantotilaukset vaativat usein muutoksia esimerkiksi kappalemääriin ja aloitusajankohtiin. Mikäli esimerkiksi puolivalmisteiden tuotantotilaukset oltiin hyväksytty jo ennen muutoksia, ei tieto muutoksista tavoittanut muita osastoja. Tämä aiheutti muun muassa kiirettä puolivalmisteiden valmistuksessa, koska tieto aikataulu- ja määrämuutoksista saatiin myöhässä.

Tuotannonohjauksen toteutukseen laadittiin yhtenäiset toimintatavat, joiden toteutuminen käytiin läpi yhdessä työnjohtajien kanssa. Tuotannon karkeasuunnittelu, eli kolmen kuukauden päähän ajoittuva tarvelaskenta ja tuotantoehdotusten muodostus, määriteltiin tehtäväksi kahdesti kuussa. Ennen tarvelaskennan ajoa työnjohtajat käyvät läpi oman osastonsa avoimet tuotantotilaukset työjonosta. Jokainen työnjohtaja sulkee oman osastonsa myöhässä olevat tilaukset, tai ajoittaa ne uudelleen vastaamaan todellista tarvepäivää. Tämän jälkeen päätuotteita valmistavan kokoonpano-osaston työnjohtaja ajaa tarvelaskennan kolmeksi kuukaudeksi eteenpäin. Päätuotteiden tarvelaskenta pohjautuu aiempien vuosien myynnin pohjalta tehtyyn kokonaissuunnitelmaan, sen hetkisiin varastoarvoihin sekä asiakkaiden avoimiin tilauksiin. Työnjohtaja analysoi tarvelaskennan antamat tuotantoehdotukset ja muokkaa niiden ajoitusta, mikäli kokee sen tuotannollisista syistä tarpeelliseksi. Aina ennen muutoksia on kuitenkin käytävä läpi kyseisen tuotteen nimiketiedot kuten esimerkiksi tilauspisteet, minimivalmistusmäärät sekä valmistusaika, jotta varmistetaan, etteivät tuotantotilauksen muutostarpeet johdu nimikkeen pohjatiedoista. Kun kokoonpano-osaston työnjohtaja on hyväksynyt kaikki järjestelmän antamat tuotantoehdotukset, voi puolivalmisteita valmistavan harjaosaston työnjohtaja ajaa tarvelaskennan omalle osastolleen. Tällöin kaikki kokoonpano-osastolla tehdyt muutokset päivittyvät myös puolivalmisteiden tarpeille, eikä ylimääräisiä tai väärin ajoitettuja tilauksia pääse syntymään. Hankinta-osasto saa impulssin sekä vuosisuunnitelmasta, että hyväksytyistä tuotantoehdotuksista. Myös tämän vuoksi on tärkeää, että hyväksyttävät tuotantoehdotukset ovat tarkistettu ja vastaavat todellisia tarpeita ja ajankohtia, ennen kuin ne hyväksytään työjonoon. Harja-osaston tuotantoehdotusten hyväksynnän jälkeen puolivalmisteita valmistava muoviosasto käy läpi saman tarvelaskentaprosessin, ja hyväksyy oman osastonsa tuotantoehdotukset työjonoon.

Tuotannonohjauksen hienosuunnittelu tapahtuu hajautetusti jokaisella tuotanto-osastolla. Työnjohdolla on käytössään pidemmän aikavälin karkeasuunnitelma ja työjono, johon hyväksytyjä valmistusehdotuksia voidaan nyt noudattaa. Hienosuunnittelua tehdään osastoilla päivittäin, mutta työjonon ja pitkän aikavälin suunnitelman vuoksi suunnittelu koetaan helpommaksi ja vähemmän aikaa vieväksi kuin ennen. Työnjohtajat näkevät työjonosta valmistettaviksi suunnitellut tuotteet ja niiden valmistusajankohdat, joita apuna käyttäen he suunnittelevat päivittäiset työmääräimet tuotantoon. Tämä on helpottanut myös työnjohtoa sijaistavien työtä, sillä nyt he näkevät jo työjonosta, mitä tuotteita on tarkoitus valmistaa, ja mille tuotteille puolivalmisteita on valmistumassa.

Kuvassa 4 on yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä saatu varastoraportti, josta on nähtävissä ABC-analyysin mukaan määriteltyjen A- ja B-tuotteiden varastosaldoprofiilit vuosilta 2016 ja 2017. A-kategorian tuote on suuri volyyminen, ja yksi yrityksen tärkeimmistä tuotteista. Kyseistä tuotetta käytettiin myös työn alussa tehdyssä pilottitutkimuksessa. Vihreällä on kuvattu varastomäärät viikoittain kyseisinä vuosina. Aiemmin tuotteita valmistettiin varastoon suuria määriä, oli sitten kyse puolivalmisteista tai itse päätuotteista. Toimitusvarmuuden turvaamiseksi varastomääriä pidettiin korkealla, josta ne

pikkuhiljaa hupenivat kohti loppua. Näin suurien tuotemäärien valmistus vaati kuitenkin tuotannonohjaukselta tarkkaa ajoitusta, sillä suurien erien valmistamista ei voitu ajoittaa mihin kohtaan vain. Tämä oli yksi syy siihen, miksi tuotteita ehti loppua varastosta, vaikka valmistusmäärät vastasivat monen kuukauden tarpeita. Kuvista nähdään, että varastosaldot on saatu pysymään noin 33% matalampina muutosten jälkeen. Tuotteita on pyritty valmistamaan Lean -periaatteiden mukaisesti pienempinä erinä useammin. Tämä on vähentänyt hukkaa, jota suurista tuote-eristä syntyy muun muassa varastoinnin johdosta. Laatuvirheet ovat nyt helpommin havaittavissa ja hallittavissa, eikä tuotemallit ehdi vanhenemaan tuotteen varastoinnin aikana.



Kuva 7. Esimerkkituotteiden varastosaldot

8. YHTEEENVETO

Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää kohdeyrityksen tuotannonohjauksen nykytila ja kehittää sitä Lean -periaatteita hyödyntäen. Kohdeyrityksen tuotannonohjaus toimi pitkälti työntöohjauksella hajautetusti, ilman vakioituja toimintatapoja. Yrityksen tavoitteena on ylläpitää 100% toimitusvarmuutta, johon nykyinen tuotannonohjaus asetti haasteita. Toimitusvarmuuden pitäminen korkeana oli usein aiheuttanut ylimääräistä kiirettä tuotannossa, eikä kaikkia tuotteita pystytty valmistamaan aikataulun mukaisesti. Kuitenkin varastomäärät pidettiin suurina, mutta niissä makaavat tuotteet eivät välttämättä olleet niitä, mitä olisi tarvittu. Yrityksen tuotevalikoiman laajuus ja tuotteiden vaihteleva kysyntä hankaloitti tuotannon valmistuksen suunnittelua, eikä vuosittaisten myyntien mukaan laadittuihin valmistussuunnitelmiin uskallettu luottaa. Valmistuksen suunnittelu eri tuotanto-osastoilla tapahtui mielivaltaisesti, eikä komponenttien todellisista tarpeista ollut tietoa. Valmistettavien tuotteiden ja puolivalmisteiden eräkoot saattoivat vastata monen kuukauden tarvetta, jolloin varastomäärät kasvoivat suuriksi piilottaen alleen paljon tuotannossa olevaa hukkaa, kuten laatuvirheitä ja tuotannon pullonkauloja.

Työn tavoitteena oli lähteä kehittämään valmistusprosessia helpommin ohjattavaksi sekä tuotannonohjausta imuohjautuvampaan suuntaan Lean-työkaluja hyväksi käyttäen. Koska tuotannonohjaus toimi hajautetusti valmistusosastoittain, oli myös tuotannonohjauksen vakioituille toimintatavoille tarvetta. Työn alussa tehdyn kirjallisuuskatsauksen avulla saatiin hyvä näkemys tuotannonohjauksen vaiheista ja sen mukanaan tuomista haasteista. Lean-filosofiaan tutustuminen toi enemmän näkemystä tuotannon virtauksen tärkeydestä, tuotannosta poistettavasta hukasta, imuohjauksen hyödyistä sekä asiakasarvon merkityksestä tuotetta valmistettaessa. Työn empiirisen tutkimuksen avulla tuotannonohjauksen nykytilasta saatiin kattava käsitys mitkä seikat aiheuttavat ongelmia, ja mihin asioihin toivottiin parannusta. Tuotannosta vastaavien henkilöiden haastatteluilla sekä tuotannon havainnoinnilla kerättiin tietoa tuotannonohjauksessa käytetyistä toimintatavoista ja analysoitiin niiden vaikutuksia ohjauksesta vastaavan ERP-järjestelmän antamiin valmistusehdotuksiin. Eräkoot vastaavat usein monen kuukauden tarvetta, joten niitä oli saatava pienemmiksi. Valmistettavien tuotteiden asetuksen vaihtoon kuluva aikaa tutkittiin SMED-menetelmän avulla, ja havaittiin useita toimintoja, joita siirtämällä sisäisistä asetuksista ulkoisiksi asetuksiksi, asetusaikaa saataisiin lyhennettyä. ERP-järjestelmän tuotannonohjauksen lähtötietoja muokkaamalla saatiin aikaan imuohjautuvampi tuotanto, jossa varastomäärät pysyvät pienempinä sekä tuote-erien valmistus tapahtuu tiheämmin, ja pienempinä erinä. Ohjauksen toimintavoista laadittiin yhteinen ohjeistus kaikille tuotanto-osastoille, ja ohjauksen toteutus vakioitiin selkeään järjestykseen.

Diplomityön tavoitteet täyttyivät, ja kohdeyrityksen tuotanto saatiin virtaamaan tehokkaammin. Työnjohtajien mielestä tuotannossa aiemmin ongelmana ollut kiire väheni,

eikä asiakastilausten saapuessa tarvinnut enää lähteä kiireellä valmistamaan tuotteita, joita ei varastossa ollutkaan tarpeeksi. Nyt tuotantosuunnitelmat laadittiin useaksi kuukaudeksi kerralla, jolloin pienempien tuote-erien valmistaminen ja aikataulussa pysyminen oli mahdollista. ERP-järjestelmän laatima työjono ajoitti valmistusehdotukset liian aikaisiksi, eikä työjonoa näin pystytty käyttämään hyväksi missään tuotannonohjauksen vaiheessa. Nyt ajoitukseen liittyvien muokkausten jälkeen työjonoon voitiin luottaa, ja sitä opittiin käyttämään hyväksi hienosuunnittelua tehtäessä. Aiemmin työntöohjauksella pääasiassa toiminut tuotanto muutettiin imuohjautuvaksi niin, että valmiste imee osat puolivalmisteilta, eikä puolivalmisteita enää valmisteta varastoon tarvetta suurempia määriä. Minimivarastomäärät puolivalmisteilta poistettiin, sillä valmisteet antavat nyt valmistusimpulssin puolivalmisteille jo hyvissä ajoin. Näin varastoihin sitoutunut pääoma saatiin pysymään matalampana, ja samalla tuotteen läpimenoaikaan vaikuttanut varastossa oloaika lyheni. Tuotannonohjauksen ollessa hajautettua, siitä vastaavat työnjohtajat käyttivät kaikki eri toimintatapoja tuotantoa suunniteltaessa. Tutkimuksen lopulla laadittiin yhteiset toimintatavat, joita noudattaen minimoidaan hajautetun ohjauksen mahdollistamat virheet. Tuotanto-osastot ajavat nyt ERP-järjestelmän antamat valmistusehdotukset järjestyksessä, jotta puolivalmisteita imevälle valmisteelle tehdyt muutokset otetaan huomioon myös puolivalmisteita valmistavilla tuotanto-osastoilla. Ongelmana oli aiemmin ollut myös kesken hyväksytyjen valmistussuunnitelmien tehdyt muutokset, joista ei ilmoitettu muille osastoille. Tämä aiheutti hukkaa ja kasvatti tarpeettomien tuotteiden varastoja entisestään. Osastojen välistä kommunikointia lisättiin, ja nyt muutoksista tulee ilmoittaa aina kun hyväksytyjä valmistussuunnitelmia muokataan. Työnjohtajat kokivat muutosten helpottaneen tuotannonohjausprosessia valtavasti sekä lyhentäneen siihen kuluvaa aikaa, joka aiemmin oli vienyt päiviä.

Tulevaisuuden kehityskohteiksi kohdeyrityksessä sopisi SMED-menetelmän avulla tehdyt asetusajatutkimukset tehtaan kaikille tuotantolaitteille. Useiden tuotantolaitteiden asetusten vaihtoon kuluu helposti useakin tunti. Useissa laitteissa olisi varmasti kuitenkin toimenpiteitä, joita voitaisiin suorittaa jo ennen koneen sulkemista, ja näin nopeuttaa asetuksen vaihtoon kuluvaa aikaa. Myös 5S-menetelmän laajentaminen niin tuotantoon kuin toimistotyöhönkin edesauttaa tuotteen ja työn tekemiseen kuluvaa aikaa. Arvovirtakartta on hyvä työkalu, kun jotakin työpistettä lähdetään kehittämään. Arvovirtakartan laatiminen pullonkaula -työvaiheista auttaa näkemään tuotteiden sujuvaa virtausta häiritsevät seikat ja tuo ne kaikkien havaittavaksi. Lisäksi yrityksen tulevaa ERP -järjestelmää ajatellen on hyvä tarkastella minkälaisia vaihtoehtoja se antaa tuotannon kehittämiseen vielä imuohjautuvampaan suuntaan.

LÄHTEET

- Cacmakci, M. 2007. Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the industry. *International Journal of Advanced Manufacturin Technology*, vol.41 iss. ½ 2009. pp168-179. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-008-1434-4>. Viitattu 14.8.2017
- Chapman, Christopher D. 2005. Clean House With Lean 5S. *Quality Progress ASQ*. pp. 27-32.http://www.ame.org/sites/default/files/qrl_docs/Clean%20House%20with%205S%20J%20Rubio_0.pdf. Viitattu 26.10.2018
- Dave, Y. & Sohani, N. 2012. Single Minute Exchange of Dies: Literatuew Review. *Lean Thinking. International Journal of Lean Thinking Volume 3, Issue 2 (December 2012)*. pp. 33-36. http://thinkinglean.com/img/files/Single_Minute_Exchange_of_Dies_Literature_Review.pdf. Viitattu 26.10.2018
- Ghauri, P. & Grønhaug, K. 2010. *Reaseach Methods in Business Studies*. 4. Painos. Pearson Education Limited. Essex, England. 265s.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. *Teollisuustalous*. Infacts Oy. Tampere. 510s.
- Hill, A. & Hill, T. 2018. *Operations strategy, Design, Implementation and Delivery*. Palgrave, London. 414s.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2008. *Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Gaudeamus Helsinki University Press. Helsinki. 213s.
- Hyvärinen, M., Nikander, P. & Ruusuvuori, J. 2017. *Tutkimushaastattelun käsikirja*. Kustannusosakeyhtiö Vastapaino, Tampere. 460s.
- Kouri, I. 2009. *Lean taskukirja*. Teknologiateollisuuden julkaisu 9/2009. Teknologiainfo Teknova Oy. Helsinki. 39s.
- Lehtonen, Juha-Matti. 2004. *Tuotantotalous*. WSOY. 292s.
- Liker, Jeffrey K. 2006. *Toyotan tapaan*. Readme.fi. Helsinki. Suomentanut Marko Niemi. 323s.
- Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. 2016. *Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa*. Edita Publishing Oy. 399s.

Modig, N. & Åhlström, P. 2013. Tätä on Lean. Rheologica Publishing. Halmstad. Suomentanut Maarit Tillman. 167s.

Norzaimi, M. & Sollahuddin, M. 2015. The Effectiveness of the Single Minutes Exchange of Die (SMED) Technique for the Productivity Improvement. University Kuala Lumpur- Malaysian Spanish Institute Case Study. https://www.researchgate.net/profile/Che_Ani_Mohd_Norzaimi/publication/281277406_full_paper_mnor-zaimi_ICME2013/links/55de99ed08aeaa26af0f2b84.pdf. Viitattu 25.10.2018.

Ohno, T. 1988. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. CRC Press. 143s.

Phillippi, N. 2017. 5S-kuva. What is 5S? Lean manufacturing simplified. Clients First Business Solutions Blog. <http://clientsfirst-tx.com/5s-lean-manufacturing-simplified/> Viitattu 30.10.2018.

Ries, E. 2011. The Lean Startup. Crown Business. New York. 320s.

Rother, M. & Shook, J. 2009. Learning to see, Value stream mapping to create value and eliminate muda. Lean Enterprise Institute, Inc. Cambridge, USA. 102s.

Seppänen, M. & Kouri, I. 2003. Verkostojen toiminnanohjauksen nykytilan analyysi. E-Business Research Center. Research Reports 8/2003. 50s.

Shingo, Shigeo. 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED system. Productivity, Inc. Portland, Oregon. 369s.

Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. 2010. Operations management. 6 painos. Pearson Education Limited. Essex, England. 685s.

Sundar, R., Balaji, A.N. & SatheeshKumar, R.M. 2014. A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. Procedia Engineering 97 (2014). pp.1875-1885. <https://core.ac.uk/download/pdf/81150703.pdf>. Viitattu. 26.10.2018.

Teknolohiateollisuus. 2001. 5S. Met-julkaisuja nro 16/2001. Teknolohiateollisuus ry. 29s.

Tuominen, K. 2010. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen 5S. Readme.fi. Jyväskylä 2010. 119s.

Tuominen, K. & Lahti, S. 2010. Lean Tehoa ja laatua tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehittämiseen. Readme.fi. Helsinki. 144s.

LIITE A HAASTATTELURUNKO

Pilottituotteen valmistus:

1. Mistä saat impulssin alkaa valmistaa pilottituotetta?
2. Minkä mukaan pilottituotteen osien valmistus ajoitetaan?
3. Millä perusteella valmistettavan pilottituotteen eräkoot päätetään?
4. Mitä ongelmia pilottituotteen tuotannonohjauksessa on havaittu?
5. Mitä tiedät Lean-tuotantofilosofiasta?

Tuotannonohjauksen nykytila:

6. Kerro lyhyesti, miten päätökset valmistettavista tuotteista tehdään?
7. Miten kommunikointi toimii hajautetussa tuotannonohjauksessanne?
8. Mikä mielestäsi tekee asetuksen vaihdoista monen tunnin mittaisia?
9. Mitkä ovat suurimmat ongelmat tuotannonohjauksessa tällä hetkellä?
10. Millä tavalla tuotannon hienosuunnittelu toimii tuotanto-osastollasi?

Kehitystarpeet:

11. Millaisia laatuvirheitä osastollasi ilmenee?
12. Minkälaiset muutokset mielestäsi helpottaisivat tuotannonohjausprosessia?
13. Mitä muutoksia kaipaisit tuotannonohjausjärjestelmään?

LIITE B ARVOVIRTAKARTTA

